

**PEMBUATAN BIOETANOL DARI JERAMI PADI (*Oryza sativa* L.)
MELALUI PROSES SAKARIFIKASI DAN FERMENTASI
SERENTAK (SFS)**



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Meraih Gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

KARISMA

NIM: 60500111031

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN
MAKASSAR**

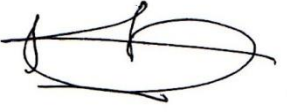
2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Makassar, Desember 2015

Penyusun,

A handwritten signature in black ink, enclosed within a rectangular box. The signature is stylized, featuring a large, sweeping loop that extends to the right and then curves back towards the left, with several smaller loops and strokes above and below the main body of the signature.

Karisma

NIM: 60500111031

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “**Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.) Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS)**”, yang disusun oleh Karisma, NIM: 60500111031, mahasiswa Jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Kamis, tanggal 04 Desember 2015 bertepatan tanggal 22 Safar 1437 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Sains dan Teknologi, Jurusan Kimia (dengan beberapa perbaikan).

Samata-Gowa, 04 Desember 2015
22 Safar 1437 H

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr. Wasilah, S.T., M.T	()
Sekretaris	: Dra. St. Chadijah, S.Si., M.Si	()
Munaqisy I	: Sjamsiah, S.Si., M.Si., Ph.D	()
Munaqisy II	: Aisyah, S. Si., M.Si	()
Munaqisy III	: Dra. Susmihara, M.Pd	()
Pembimbing I	: Maswati Baharuddin, S Si., M.Si	()
Pembimbing II	: Sappewali, S. Pd., M. Si	()
Pelaksana	: Nassar, S.Ag	()

Diketahui oleh:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar,

Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag
NIP. 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr. wb

Segala puji bagi Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga Skripsi dengan judul “Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.) Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS)”, ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penulisan skripsi ini. Untuk itu, iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan, utamanya kepada kedua orang tuaku tersayang, bapak (Abubakar) dan Ibuku (Nurhayati) terima kasih untuk nasihat, motivasi serta dukungan yang selalu membangkitkan semangat untuk ananda tercinta serta saudara-saudaraku Kartini S. Pd., Rahmawati, Ade Rikki dan Muhammad Ridwan atas doa dan kesabarannya serta dukungan material dan spiritual kepada penulis. Semoga Allah SWT memberikan kesehatan dan menjaga mereka, terima kasih juga penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Prof. Musafir Pababbari M. Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Makassar.
2. Bapak Dr. Arifuddin, M. Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Makassar.
3. Ibu Sjamsiah S. Si., M. Si., Ph. D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dan selaku Penguji I yang senantiasa memberikan kritik dan saran bagi penulis.
4. Ibu Aisyah S. Si., M. Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dan selaku penguji II yang senantiasa memberikan kritik dan saran bagi penulis.

5. Ibu Maswati Baharuddin, S. Si., M. Si. selaku pembimbing I yang berkenan memberikan kritik dan saran serta bimbingan dari awal penelitian hingga akhir penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Sappewali, S. Pd., M. Si selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing dari awal penelitian hingga akhir penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Dra. Susmihara M. Pd. selaku penguji III yang senantiasa memberikan kritik dan saran bagi penulis.
8. Segenap Dosen Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar yang telah mendidik dan memberikan ilmu kepada penulis.
9. Para laboran Jurusan Kimia, kak Awaluddin Ip, S. Si., M. Si. kak Ahmad Yani, S. Si. kak Andi Nurahma, S. Si. kak Ismawanti, S. Si. dan terkhusus untuk kak Fitri Azis, S. Si., S. Pd. terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.
10. Sahabatku (Safinatunnajah Al Rasyid) sekaligus saudara seperjuangan di kimia 2011. Serta segenap senior dari angkatan 2010 juga junior angkatan 2012 dan 2013 serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Rekan penelitian saya (Jeny Fitra Yani, Andi Citra Junopia dan Fitriana Yanra) yang senantiasa menemani dari awal hingga penyusunan skripsi ini.

Akhir kata Penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamu 'alaikum wr. Wb.

Makassar, Desember 2015

Penulis,

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
ABSTRAK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1-6
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	6
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7-31
A. Jerami Padi Jerami Padi (<i>Oryza Sativa</i> L.)	7
B. Enzim Selulase.....	19
C. Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS).....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	32-34
A. Waktu Dan Tempat.....	32
B. Alat Dan Bahan.....	33
C. Prosedur Penelitian.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35-43
A. Hasil Penelitian.....	35
B. Pembahasan.....	37

BAB V PENUTUP.....	44
A. Kesimpulan.....	44
B. Saran.....	44
KEPUSTAKAAN.....	45-48
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	49-71
RIWAYAT HIDUP.....	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Kadar glukosa jerami padi metode Nelson-Samogy.....	36
Tabel 4.2 Kadar bioetanol jerami padi pada variasi waktu fermentasi.....	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jerami padi hasil pemanenan.....	7
Gambar 2.2 Skema delignidikasi lignoselulosa.	13
Gambar 2.3 Struktur selulosa.....	14
Gambar 2.4 Reaksi pemutusan senyawa lignin dengan NaOH	17
Gambar 2.5 Skema reaksi sakarifikasi dan fermentasi.....	25
Gambar 4.1 Spektra FTIR bioetanol hasil fermentasi.....	37
Gambar 4.2 Kromatogram GC bioetanol hasil fermentasi glukosa.....	38
Gambar 4.3 Mekanisme pemutusan lignin dan selulosa menggunakan NaOH.....	40

ABSTRAK

Nama : Karisma

Nim : 60500111031

Judul : Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.) Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS)

Bioetanol merupakan energi alternatif yang dapat diproduksi dari biomassa seperti jerami padi. Ketersediaan jerami padi dapat diperoleh secara kontinyu dan melimpah yang seringkali hanya digunakan sebagai makanan ternak, dan selebihnya kadang dibakar. Jerami padi mempunyai komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar glukosa jerami padi melalui proses hidrolisis menggunakan enzim selulase dan mengetahui kadar etanol glukosa hasil hidrolisis jerami padi pada proses fermentasi menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. Metode yang digunakan yaitu proses hidrolisis menggunakan enzim dan dirangkaikan dengan proses fermentasi yaitu Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS) dan dilakukan dalam satu reaktor yang sama. Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada fermentasi 3, 5, 7, 9 hari menghasilkan kadar bioetanol yang berbeda-beda. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kadar glukosa jerami padi yaitu 105,1733 and 105,3511 mg/L dan volume etanol tertinggi yaitu pada hari ke 7 yaitu 20 mL dengan kadar bioetanol sebesar 0,2424 %.

Kata kunci : Jerami Padi, Selulosa, Bioetanol, Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS).

ABSTRACT

Name : Karisma

Nim : 60500111031

Title : Ethanol Production From Rice Straw (Oryza sativa L.) by Simultaneous Sacharificaation and Fermentation (SSF) method.

*Bioethanol is an alternative energy that can be produced from biomass such as rice straw. Rice straw is available continuously and in abundance, but has only been utilized as animal feed, and is sometimes the rest burned. Rice straw have component cellulose, hemicellulose and lignin. This study aims to determine glucose level through a process of rice straw hydrolysis using cellulose enzymes and to determine ethanol level of glucose hydrolysis of rice straw fermentation process using *saccharomyces cerevisiae*. The process of hydrolysis used enzyme and coupled with a fermentation process of Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF) and carried out in the same reactor. The results of studies showing that fermentation 3, 5, 7 and 9 days bioethanol produced levels as different. From research conducted found glucose level of rice straw is 105,1733 and 105,3511 mg/L and the highest volume on day 7 of 20 mL with ethanol level at 0,2424 %.*

Keywords: *Bioethanol, Cellulose, Rice Straw, Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF)*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Meningkatnya kemajuan teknologi transportasi memberikan dampak pada pemakaian bahan bakar yang juga semakin meningkat. Pada umumnya bahan bakar yang digunakan merupakan bahan bakar yang terbuat dari fosil. Fosil tersebut semakin lama akan terus berkurang atau bahkan habis jika digunakan secara terus menerus. Oleh karena itu perlu adanya pemanfaatan jenis energi bahan bakar terbarukan misalnya bioetanol.

Penggunaan bioetanol memberikan keuntungan karena bioetanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga penggunaan bioetanol pada kendaraan bermotor dapat mengurangi emisi gas rumah kaca khususnya karbon dioksida (CO₂) sebesar 60-90% dibandingkan penggunaan bensin.¹ Bioetanol dibuat dengan cara fermentasi biomassa tanaman dari hasil industri dan limbah pertanian diantaranya rumput gajah, jagung, dan jerami padi.²

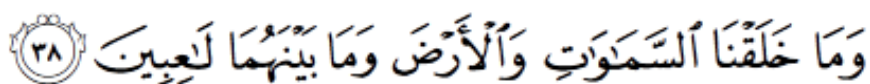
Jerami padi merupakan tanaman limbah yang keberadaannya melimpah di Indonesia dan pemanfaatannya masih sangat minim yaitu 31-39% untuk pakan ternak, 7-16% untuk keperluan industri dan sisanya digunakan sebagai pupuk atau dibakar. Jerami merupakan limbah pertanian tanaman padi yang telah diambil buahnya (gabahnya), sehingga tinggal batang dan daunnya.³

¹T. Handoko, dkk, "Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol", *Jurnal Teknik Kimia* 11 no. 1 (2012), h. 27.

²Ni Ketut Sari, "Pembuatan Bioetanol Dari Rumput Gajah Melalui Destilasi Batch", h. 95.

³Koesnoto Soepranianondo, dkk, "Potensi Jerami Padi yang Diamoniasi dan Difermentasi Menggunakan Bakteri Selulolitik terhadap Konsumsi Bahan Kering, Kenaikan Berat Badan dan Konversi Pakan Domba", *Jurnal Mikrobiologi* 23, no. 3 (2007), h. 202.

Jerami padi sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol karena tidak berkompetisi terhadap kebutuhan pangan, biaya yang diperlukan untuk produksi bioetanol menjadi lebih murah dan limbah jerami padi ini juga menimbulkan masalah pada penanganannya yang selama ini dibiarkan menumpuk, dibakar dan membusuk yang semuanya berdampak negatif terhadap lingkungan.⁴ Karena itu limbah jerami padi dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol melalui proses pembusukan oleh bakteri/mikroorganisme Allah SWT berfirman dalam surah Ad-Dukhan (44) ayat 38.⁵



Terjemahnya: “Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya dengan bermain-main”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan langit dan bumi beserta segala isinya tidaklah sia-sia dan secara kebetulan tanpa maksud dan tujuan, tetapi semuanya itu diciptakan sesuai dengan rencana dan kehendak Allah SWT.

Menurut Al-Qur'an dan Tafsir yang menjelaskan bahwa bakteri (mikroorganisme) semacam binatang yang halus dan kecil dan cacing yang seakan-akan tidak ada gunanya sama sekali. Jika diperhatikan maka bakteri dan cacing itu dapat memakan sampah dan kotoran baik yang berasal dari manusia maupun yang berasal dari makhluk hidup yang lain. Jika bakteri dan cacing itu tidak ada, maka sampah dan kotoran akan menumpuk karena tidak ada yang membusuk sehingga terjadilah polusi yang membahayakan kehidupan manusia. Semakin dalam

⁴Harunsyah dan Ridwan, “Pengaruh Perlakuan Awal Biomassa Jerami Padi Untuk Merecoveri Gula Red2uksi dengan Metode Hidrolisa Secara Enzimatis”, *Jurusan Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya* (2014), h. 5.

⁵Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemahnya* (Jakarta: Darus Sunnah, 2002), Darus Sunnah, h. 368.

direnungkan dan diperhatikan alam dan kejadian ini, semakin banyak pula diketahui hikmah, guna tujuan penciptaannya semakin terasa pula kasih sayang dan tujuan Allah SWT menjadikan manusia sebagai khalifah di bumi.⁶

Ayat tersebut diatas menjelaskan bahwa segala sesuatu ciptaan Allah SWT di langit dan di bumi memiliki tujuan dan fungsi penciptaannya masing-masing. Misalnya tumbuh-tumbuhan baik yang masih hidup dan yang sudah mati dan menjadi limbah. Segala sesuatu yang telah dianugerahkan Allah SWT bagi makhluknya di dunia tidaklah main-main melainkan untuk memperlihatkan salah satu tanda-tanda kekuasaannya. Perumpamaan Allah SWT pada bakteri/mikroorganisme yang kecil bahkan secara kasak mata sulit terlihat ternyata sangat membantu kehidupan manusia karena dapat mengolah limbah hasil konsumsi manusia sehingga limbah tersebut tidak menumpuk. Manusia sebagai khalifah dimuka bumi mempunyai peranan untuk mengetahui guna dan tujuan penciptaannya dan memanfaatkan sesuatu yang telah menjadi limbah menjadi sebuah produk yang dapat dimanfaatkan kembali misalnya pembuatan bioetanol dari limbah jerami padi dengan memanfaatkan mikroorganisme.

Berdasarkan penelitian Endang Ariyani, dkk, (2013), bahwa kadar glukosa yang terkandung dalam jerami padi yaitu sebanyak 70,85 ppm dan kadar etanol pada jerami padi yaitu sebesar 6,405% dengan waktu fermentasi 13 hari.⁷ Penelitian Dwi Wahyuliani, (2014), menyatakan, jerami padi mengandung komponen berat kering yang terdiri dari 22,8698% lignoselulosa, 12,2788% lignin dan 31,9813% selulosa.⁸ Pembebasan lignin dari selulosa disebut proses delignifikasi.

⁶Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Tafsirnya* (Yogyakarta: Badan Wakaf Universitas Indonesia, 1991), Dana Bakti Wakaf, h. 184.

⁷Asriyani Endang, dkk, "Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.)", *Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang* 2, no. 2 (2013), h. 171.

⁸Erviani Lestari, dkk, "Potensi Jamur Pelapuk Kayu Isolat Lokal Makassar Dalam Mendekomposisi Komponen Lignoselulosa Jerami Padi *Oryza sativa* L.", *Jurusan Biologi FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar* 9, no. 2 (2008), h. 2.

Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks. Dengan pemberian perlakuan delignifikasi pada substrat maka selulosa alami diharapkan menjadi mudah dihidrolisis, kemampuan untuk melarutkan lignin dan merusak struktur selulosa akan semakin bertambah, yang mengakibatkan serat-serat selulosa akan semakin longgar sehingga semakin mudah dihidrolisis oleh mikroorganisme baik untuk pertumbuhannya maupun untuk produksi enzim.⁹

Enzim merupakan katalisator untuk meningkatkan kecepatan reaksi kimia spesifik dengan nyata, tanpa enzim, suatu reaksi kimia akan berlangsung sangat lambat. Enzim tidak dapat mengubah titik kesetimbangan reaksi yang dikatalisisnya enzim juga tidak akan habis dipakai atau diubah secara permanen oleh reaksi-reaksi tersebut. Pemanfaatan enzim dalam proses industri terus menerus mengalami peningkatan, hal ini disebabkan oleh pertimbangan berbagai keuntungan dalam penerapannya sebagai katalisis yang bersifat alami. Dari berbagai keuntungan ini membuat proses enzimatik semakin dilirik.¹⁰ Enzim yang dapat digunakan untuk mengubah senyawa selulosa menjadi glukosa misalnya enzim selulase.

Enzim selulase merupakan salah satu kelompok enzim yang termasuk dalam suatu sistem yang diproduksi mikroorganisme dalam degradasi material sel tumbuhan. Enzim ini termasuk dalam famili glikosil hidrolase. Enzim selulase berperan dalam hidrolisis selulosa dengan memecah ikatan β -1,4-D-glikosida untuk menghasilkan oligosakarida maupun glukosa.¹¹ Produksi enzim selulase biasanya

⁹Ida Bagus Wayan Gunam, dkk. "Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264", *Jurnal Teknologi Industri Pertanian Universitas Udayana*, h. 57.

¹⁰Dwi Wahyuliani, "Hidrolisis Lignoselulosa dan Selulosa Jerami Padi Menggunakan Enzim Selulase Dari Isolat Bakteri Termofilik", *Skripsi* (Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, 2014), h. 6.

¹¹Koesnoto Soepranianondo, dkk, "Potensi Jerami Padi yang Diamoniasi dan Difermentasi Menggunakan Bakteri Selulolitik terhadap Konsumsi Bahan Kering, Kenaikan Berat Badan dan Konversi Pakan Domba", *Jurnal*, h. 203.

menggunakan kapang misalnya *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* sedangkan bakteri misalnya *Pseudomonas*, *Cellulomonas* dan *Bacillus*.¹² Kelompok kapang jenis *Aspergillus niger* memiliki kemampuan yang tinggi di dalam memecahkan ikatan pada struktur selulosa sehingga mampu menghasilkan glukosa yang lebih tinggi. Oleh karena itu, hidrolisis enzimatik dengan metode sakarifikasi dan fermentasi dapat memberikan nilai tambah.¹³

Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS) merupakan suatu kombinasi antara hidrolisis menggunakan enzim selulase dan yeast *Saccharomyces cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan. Proses SSF hampir sama dengan proses yang terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi akan tetapi pada proses SSF hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor.¹⁴

Berdasarkan penelitian Novia, dkk, bahwa semakin lama proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS) maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan dan waktu optimum pembentukan bioetanol yaitu 7 hari serta semakin tinggi konsentrasi ragi yang digunakan maka semakin tinggi pula kadar bioetanol yang dihasilkan. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian isolasi enzim selulase dari *Aspergillus niger* dalam pembuatan bioetanol dari jerami padi menggunakan metode simulasi sakarifikasi dan fermentasi.

¹²Ida Bagus Wayan Gunam, dkk, "Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi", *Jurnal Biologi*. ISSN : 1410 5292 15, no. 2 (2011), h. 29-30.

¹³Ferys Ika Oktavia, dkk, "Hidrolisis Enzimatik Ampas Tebu (*Bagasse*) Memanfaatkan Enzim Selulase dari Mikrofungi *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger* Sebagai Katalisator dengan *Pretreatment Microwave*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 2, no. 3 (2014), h. 257.

¹⁴Dwi Laura Pramita, dkk, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nenas Menggunakan Enzim Selulase dan Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) terhadap Variasi Konsentrasi Inokulum dan Waktu Fermentasi", *Jurusan teknik Kimia Universitas Riau*, h. 2.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapa kadar glukosa jerami padi (*Oryza sativa* L.) ?
2. Berapa kadar etanol dari jerami padi (*Oryza sativa* L.) dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS).

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui kadar glukosa jerami padi (*Oryza sativa* L.).
2. Mengetahui kadar etanol dari jerami padi (*Oryza sativa* L.) dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS).

D. Manfaat Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Meningkatkan nilai mutu jerami padi.
2. Memberikan pemanfaatan lebih lanjut karena jerami padi merupakan material yang memiliki selulosa, dimana selulosa ini dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol melalui hidrolisis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jerami Padi

Tanaman padi adalah tanaman yang mudah ditemukan terlebih di pedesaan. Tanaman padi juga termasuk dalam jenis tanaman rumput-rumputan. Tanaman padi merupakan tanam yang berumur pendek karena hanya berumur kurang dari satu tahun dan berproduksi satu kali. Setelah padi berbuah dan di panen maka padi tersebut tidak dapat tumbuh kembali dan akan mati. Tanaman padi dikelompokkan ke dalam dua bagian yaitu bagian vegetatif yang terdiri dari akar yang berfungsi untuk menyerap unsur hara pada tanah, batang padi yang beruas-ruas dan daun yang berbeda-beda yang mempunyai ciri sisik dan daun telinga. Bagian generatif yaitu malai yang tumbuh pada ujung buku paling atas dan gabah yang disebut dengan buah padi.¹⁵



Gambar 2.1: Jerami Padi Hasil Panen

¹⁵Irfan Abdurrachman Mubaroq, “kajian Bionutrisi Caf Dengan Penambahan Ion Logam Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Padi”. *Jurnal* (2013). h. 2-4.

Klasifikasi tanaman padi:¹⁶

Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)
 Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
 Sub Divisi : *Angiospermae*
 Kelas : *Monocotyledoneae*
 Famili : *Gramineae*
 Genus : *Oryza*
 Spesies : *Oryza sativa* L.

Jerami adalah tanaman padi yang telah diambil buahnya sehingga tinggal batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian terbesar serta belum sepenuhnya dimanfaatkan karena adanya faktor teknis dan ekonomi. Pada sebagian petani jerami sering digunakan sebagai pakan ternak alternatif pada musim kemarau. Dilain pihak jerami sebagai limbah pertanian sering menjadi permasalahan bagi petani sehingga sering dibakar untuk mengatasi masalah tersebut. Produksi jerami dapat mencapai 12-15 ton/hektar/panen, bervariasi tergantung lokasi dan jenis varietas tanaman padi yang digunakan.¹⁷ Jerami padi termasuk biomassa lignoselulosa yang mengandung 41,3% selulosa, 20,4% hemiselulosa dan 12,1% lignin. Degradasi jerami padi perlu dilakukan untuk menghancurkan lignin dan memecah glukosa. Penggunaan jerami padi sebagai substrat dalam produksi selulase dapat menambah nilai ekonomi pada jerami padi itu sendiri.¹⁸

¹⁶Chairil Azhar, “Kajian Morfologi dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Cibogo Hasil Radiasi Sinar Gamma Pada Generasi M3”, *Skripsi* (Sumatera Utara: Fakultas Pertanian, 2010). h. 1.

¹⁷Endy Yulianto, dkk. “Pengembangan Hidrolisis Enzimatis Biomassa Jerami Padi Untuk Produksi Bioetanol”. *Jurnal Simposium Nasional RAPI VIII*. ISSN : 1412-9612 (2009), h. 67.

¹⁸Melly Wahyuningsih, dkk, “Biokonversi Jerami Padi Menjadi Gula Fermentasi Menggunakan Konsorsium Termofilik Kompos”. *Jurusanl Sains dan Matematika* 21, no. 1 (2013), h. 7.

Jerami padi merupakan limbah pertanian terbesar di Indonesia. Menurut data BPS tahun 2006, luas sawah di Indonesia adalah 11,9 juta ha. Produksi per hektar sawah bisa mencapai 12-15 ton bahan kering setiap kali panen, tergantung lokasi dan varietas tanaman. Sejauh ini, pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ternak baru mencapai 31-39 %, sedangkan yang dibakar atau dimanfaatkan sebagai pupuk 36-62 %, dan sekitar 7-16 % digunakan untuk keperluan industri.¹⁹

Jerami padi merupakan limbah pertanian yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme untuk memproduksi enzim selulase. Sejauh ini substrat jerami padi yang dibutuhkan untuk memproduksi enzim selulase yang optimal dari mikroorganisme pada fermentasi dengan menggunakan media dari serbuk jerami padi belum diketahui secara pasti.²⁰

Limbah menjadi permasalahan masyarakat yang tidak ada habisnya, hal ini karena pemanfaatan limbah yang masih minim. Limbah di Indonesia lebih banyak didominasi dibidang pertanian misalnya jerami padi. Selama ini jerami masih sebatas sebagai makanan ternak dan bahan bakar rumah tangga untuk memasak, selain itu belum ada pemanfaatan lain yang dapat secara optimal memanfaatkan kandungan jerami padi. Oleh sebab kandungan selulosa jerami padi yang cukup tinggi dapat maka dapat memanfaatkan menjadi bahan bakar bioetanol sehingga menjadi lebih bermanfaat untuk kehidupan manusia, hal ini telah Allah SWT tekankan dalam Al Quran surah Ar-Rahman (55) : 10-13.²¹

¹⁹Chairil Azhar, "Kajian Morfologi dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Cibogo Hasil Radiasi Sinar Gamma Pada Generasi M3". *Skripsi*, h. 1.


²⁰Ida Bagus Wayan Gunam, dkk. "Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264". *Jurusan Teknologi Ilmu Pertanian Universitas Udayana*, ISSN : 1410 5292 1 no. 2 (2010), h. 56.

²¹Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, h. 532.

وَالْأَرْضَ وَضَعَهَا لِلْأَنَامِ ﴿١٠﴾ فِيهَا فَكِهَةٌ وَالنَّخْلُ ذَاتُ الْأَكْمَامِ ﴿١١﴾
 وَالْحَبُّ ذُو الْعَصْفِ وَالرَّيْحَانُ ﴿١٢﴾ فَيَايَا آءَالَآءِ
 رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿١٣﴾

Terjemahnya: “Dan bumi telah dibentangkanNya untuk makhlukNya, di dalamnya ada buah-buahan dan pohon kurma yang mempunyai kelopak mayang, dan biji-bijian yang berkulit dan bunga-bunga yang harum baunya, Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?”

Pada ayat tersebut menjelaskan bahwa setiap ciptaan Allah SWT didunia ini tidak ada yang tidak bermanfaat bagi makhluknya, bahkan jerami yang merupakan limbah juga dapat bermanfaat bagi manusia.

Pada tafsir Ibnu Katsir yang menjelaskan mengenai surah Ar Rahman ayat 10-13 dijelaskan bahwa “*Di bumi itu ada buah-buahan*” yang beraneka ragam warna, rasa dan aromanya, “*Dan pohon kurma yang mempunyai kelopak mayang*”. Allah SWT menyebutkan buah tersebut secara khusus karena kemuliaan dan manfaat kandungannya, baik ketika masih basah maupun telah kering. Ibnu Juraij berkata  berarti tempat munculnya buah kurma. Hal ini seperti yang dikemukakan oleh banyak ahli tafsir. Jadi, kelopak mayang itu adalah tempat keluarnya tandan. “*Dan biji-bijian yang berkulit*”, yakni kulit yang menutupinya. “*Maka, nikmat Rabb mu manakah yang kamu dustakan?*”. Dengan kata lain, nikmat-nikmat sudah sangat jelas bagi kalian sedangkan kalian bergelimang dengannya tanpa dapat mengingkari dan mendustakannya.²²

²²Tafsir Ibnu Katsir, *Ar Rahman (Yang Maha Pemurah)*, h. 620.

Ayat tersebut diatas menjelaskan betapa Allah SWT sangat menyayangi makhluknya yang telah diberikannya segala kebutuhan (pohon dan buah-buahan) yang untuk dinikmati sarinya dimanapun dia berada bagaikan di surga. Maka hendaklah kita (manusia) tidak menyianyiakannya baik buah maupun limbahnya melainkan untuk dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya dalam hal ini limbah jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol yang bernilai positif.

Biomassa lignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil gula pereduksi seperti glukosa, xilosa dan maltose. Degradasi jerami padi perlu dilakukan untuk menghancurkan struktur lignin dan untuk memecah polisakarida. Degradasi lignoselulosa dapat dilakukan secara kimia, fisika dan mikrobiologis. Larutan alkali dan asam digunakan untuk degradasi lignoselulosa secara kimia. Penggunaan metode kimia kurang efektif karena proses delignifikasi dan sakarifikasi dilakukan secara terpisah. Degradasi lignoselulosa secara mikrobiologis dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroba. Degradasi lignoselulosa secara mikrobiologis melalui proses fermentasi.²³

Biomassa berselulosa memiliki struktur yang kompleks. Biomassa berselulosa merupakan material yang lebih sulit didegradasi dan dikonversi dibandingkan material berbahan dasar starch, namun hidrolisis biomassa berselulosa relatif prospektif karena menghasilkan monomer-monomer gula.²⁴ Konversi lignoselulosa hingga menjadi bioetanol melalui empat proses utama, yaitu perlakuan pendahuluan, hidrolisis, fermentasi, dan terakhir pemisahan serta pemurnian produk etanol. Perlakuan pendahuluan biomassa lignoselulosa harus dilakukan untuk

²³Melly Wahyuningsih, dkk, "Biokonversi Jerami Padi Menjadi Gula Fermentasi Menggunakan Konsorsium Termofilik Kompos". *Jurusan Kimia Universitas Diponegoro* 21 no. 1 (2013), h. 8.

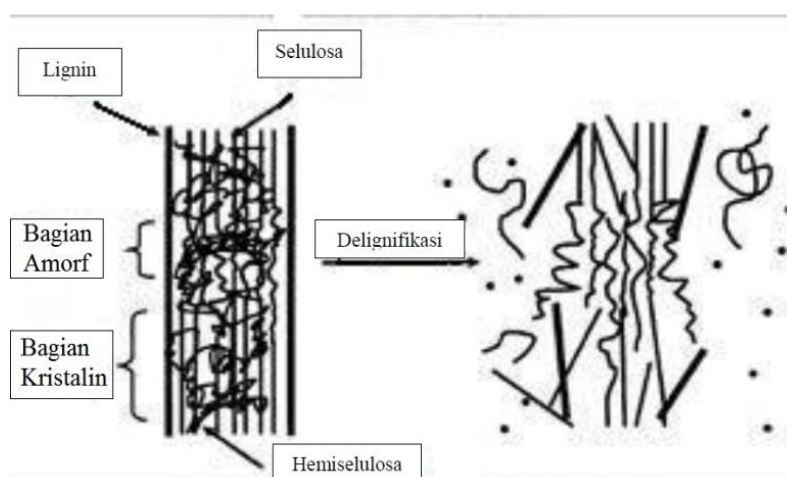
²⁴Novi Lestu L Binoto, dkk, "Hidrolisis Ampas Tebu Secara Enzimatis Menggunakan *Trichoderma reesei*", *Jurnal Teknik Kimia*, h. 2.

mendapatkan hasil yang tinggi. Nilai biokonversi yang tinggi penting bagi pengembangan teknologi dalam skala sederhana di antara polisakarida dinding sel, tetapi selalu berikatan dengan polisakarida tersebut, lignin berfungsi sebagai bahan pengawet dan bersifat mempererat masing-masing serat. Selain itu berfungsi sebagai dinding sel menjadi keras dan kaku. Bersama-sama dengan hemiselulosa membentuk suatu lapisan pelindung terhadap mikroba asing. komersial. Oleh sebab itu, proses perlakuan pendahuluan dan hidrolisis merupakan tahapan yang sangat penting sehingga dapat mempengaruhi jumlah gula pereduksi yang dihasilkan. Perlakuan pendahuluan atau delignifikasi merupakan tahapan yang banyak menghabiskan biaya dan berpengaruh besar terhadap biaya total proses. Delignifikasi yang baik dapat mengurangi jumlah enzim yang digunakan dalam hidrolisis. Metode delignifikasi yang tepat dapat menghasilkan kadar gula yang tinggi sehingga biaya produksi *biofuel* yang efisien dapat dicapai. Gula pereduksi yang diperoleh tanpa delignifikasi kurang dari 20% sedangkan dengan delignifikasi dapat mencapai hingga 90%.²⁵

Jerami padi termasuk biomassa lignoselulosa yang mengandung 41,3% selulosa, 20,4% hemiselulosa dan 12,1% lignin. Bahan selulosa dan hemiselulosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol dengan melakukan proses hidrolisis terlebih dahulu. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan metode asam maupun enzimatik. Proses hidrolisis menggunakan asam tidak ramah lingkungan karena asam bersifat korosif, mendegradasi sebagian gula hasil hidrolisis, dilakukan pada pH rendah, dan relatif mahal dibandingkan dengan metode enzimatik tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang lebih lunak (suhu rendah dan pH netral) dapat dilakukan pada temperatur ruang dan

²⁵Faisal Gayang, "Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xilanase dan Selulase Komersial", *Skripsi* (Bogor: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, 2013), h. 15.

tekanan atmosfer, berpotensi memberikan hasil yang tinggi, dan biaya pemeliharaan peralatan relatif rendah karena tidak ada bahan yang korosif.²⁶ Degradasi jerami padi perlu dilakukan untuk menghancurkan lignin dan memecah glukosa. Penggunaan jerami padi sebagai substrat dalam produksi selulase dapat menambah nilai ekonomi pada jerami padi itu sendiri.²⁷



Gambar 2.2 Skema Delignifikasi Lignoselulosa²⁸

Selulosa adalah salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik. Selulosa cenderung membentuk mikrofibril melalui ikatan inter dan intra molekuler sehingga memberikan struktur yang larut. Mikrofibril selulosa terdiri dari 2 tipe, yaitu kristalin dan amorf.²⁹ Selulosa pada lignoselulosa terikat dengan lignin sehingga sulit dilakukan hidrolisis tanpa memecah pelindung lignin terlebih dulu. Untuk memecah pelindung lignin perlu dilakukan perlakuan pendahuluan terhadap bahan

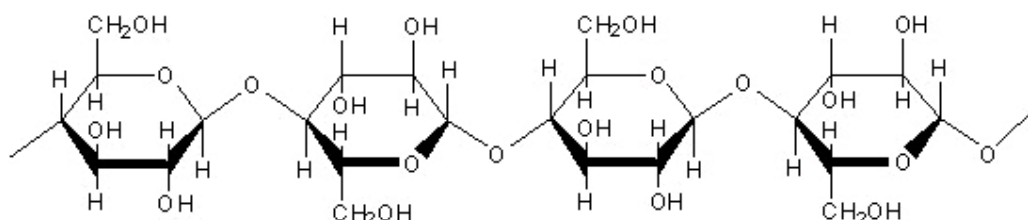
²⁶Ni Luh Md. Widayuntini, dkk, “Kemampuan Tanah Hutan Mangrove Sebagai Sumber Enzim Dalam Hidrolisis Enzimatik Substrat Sekam Padi”, *Jurnal Kimia ISSN 1907-9850* 8 no. 1 (2014), h. 36.

²⁷Melly Wahyuningsih, dkk, “Biokonversi Jerami Padi Menjadi Gula Fermentasi Menggunakan Konsorsium Termofilik Kompos”. *Jurnal*, h. 7.

²⁸Faisal Gayang, “Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xilanase dan Selulase Komersial”, *Skripsi*, h. 13.

²⁹Trisanti Anindyawati. “Prosepek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol”, *Jurnal* 44 no. 1 (2009), h. 50.

baku yaitu dengan proses delignifikasi.³⁰ Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks. Proses ini dilakukan sebelum hidrolisis bahan berselulosa.³¹



Gambar 2.3 Struktur Selulosa³²

Selulosa banyak terdapat dalam limbah pertanian atau kehutanan dan belum banyak dimanfaatkan. Limbah ini merupakan salah satu sumber energy yang cukup potensial dan pada umumnya merupakan bahan berselulosa yang dapat dikonversi menjadi etanol.³³

Hemiselulosa merupakan suatu kesatuan yang membangun komposisi serat dan mempunyai peran yang penting karena bersifat hidrofilik sehingga berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik serat. Kehilangan hemiselulosa akan mengakibatkan terjadinya lubang antar fibril dan kurangnya ikatan antar serat.³⁴

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin, yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau disebut

³⁰T. Handoko, dkk, "Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol", *Jurnal*, h. 27.

³¹Ida Bagus Wayan Gunam, dkk, "Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi", *Jurnal*, h. 30.

³²Purnawan, "Pemanfaatan Limbah Serat Industri Tepung Sagu Aren Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas (Pulp) Dengan Proses Delignifikasi", *Jurnal Teknologi Techscientia ISSN 1979-8415* 4 no. 1 (2011), h. 29.

³³Kodri, dkk, "Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma reseei* dan *Aspergillus niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan *Pretreatment* Microwave", *Jurnal*, h. 37.

³⁴Asriyani, Endang, dkk, "Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.)", *Jurnal*, h. 169.

heteropolisakarida, dan dikelompokkan berdasarkan residu gula utama sebagai penyusunnya seperti xylan, mannan, galactan dan glucan. Hemiselulosa terikat dengan polisakarida, protein dan lignin dan lebih mudah larut dibandingkan dengan selulosa.³⁵

Hemiselulosa memiliki keragaman dengan selulosa yaitu merupakan polimer dari unit-unit gula yang terikat dengan ikatan glikosidik, akan tetapi hemiselulosa berbeda dengan selulosa dilihat dari komponen unit gula yang membentuknya, panjang rantai molekul dan percabangannya. Unit gula yang membentuk hemiselulosa dibagi menjadi beberapa kelompok, seperti pentosa, heksosa, asam heksuronat dan deoksiheksosa. Bahan lignoselulosa adalah bahan-bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Keberadaan lignin sangat menghambat proses degradasi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa. Oleh karena itu, lignin harus dihilangkan baik secara kimia maupun secara enzimatik yang merupakan proses delignifikasi, dan setelah itu dapat dilakukan proses fermentasi untuk produksi bioetanol. Tahapan proses untuk produksi bioetanol meliputi proses penghalusan bahan dasar, proses delignifikasi, sakarifikasi, fermentasi dan dilanjutkan proses pemurnian dengan cara destilasi. Komposisi kimia dari bahan mentah yang menstimulasi produksi bioetanol dapat dilihat pada Tabel 1. Bahan untuk fermentasi bioetanol mengandung berbagai polifenol lignin dan komponen lain yang terekstrak di dalamnya.³⁶

Lignin merupakan senyawa kompleks yang tersusun dari unit fenilpropana yang terikat di dalam struktur tiga dimensi dan merupakan material paling kuat di dalam massa. Lignin mengandung karbon yang relatif tinggi sehingga resisten

³⁵Trisanti Anindyawati, "Prospek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol", *Jurnal*, h. 50.

³⁶Purnawan, "Pemanfaatan Limbah Serat Industri Tepung Sagu Aren Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas (Pulp) Dengan Proses Delignifikasi", *Jurnal*, h. 53.

terhadap degradasi, oleh karena itu lignin harus dipecah agar hemiselulosa dan selulosa dapat dihidrolisis.³⁷

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40%. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida.³⁸

Lignin terdapat diantara sel-sel dan didalam dinding sel, ligni berfungsi sebagai pengikat untuk sel secara bersama-sama. Lignin yang terdapat didalam dinding sel sangat erat hubungannya dengan selulosa yang berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel, lignin juga tidak larut dalam air. Lignin merupakan bahan yang tidak berwarna didalam tumbuh-tumbuhan, jika lignin bersentuhan dengan udara terutama dengan adanya sinar matahari, maka lama-kelamaan lignin cenderung menjadi kuning.³⁹

Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu seyawa kompleks. Proses ini dilakukan sebelum hidrolisis bahan berselulosa.⁴⁰ Delignifikasi bertujuan untuk membuka kristalin selulosa agar selulosa lebih mudah dihidrolisis dengan enzim yang memecah polimer polisakarida dan monomer gula serta menghilangkan kandungan lignin. Delignifikasi dilakukan untuk meningkatkan jumlah dan kecepatan hidrolisis lignoselulosa.⁴¹ Dalam proses delignifikasi, semakin

³⁷Asriyani Endang, dkk. "Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.), *Jurnal*, h. 169.

³⁸Trisanti Anindyawati, "Prosepek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol", *Jurnal*, h. 51.

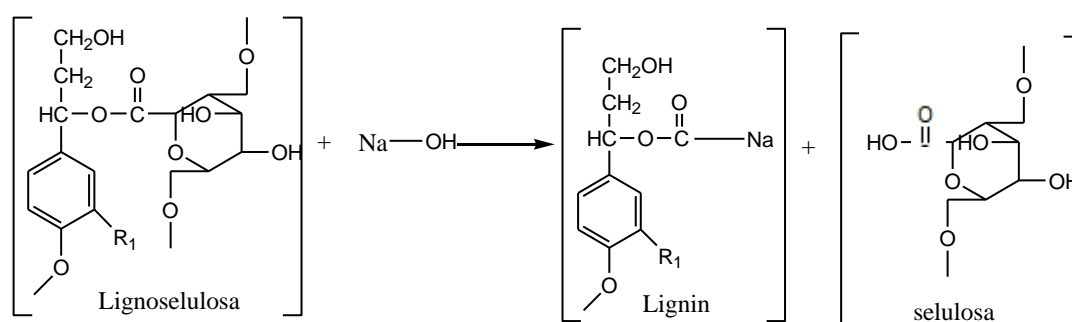
³⁹Harunsyah dan Ridwan, "Pengaruh Perlakuan Awal Biomassa Jerami Padi Untuk Merecoveri Gula Reduksi dengan Metode Hidrolisa Secara Enzimatis", *Jurnal*, h. 5.

⁴⁰T. Handoko, dkk, "Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol", *Jurnal*, h. 27.

⁴¹Faisal Gayang, "Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xilanase dan Selulase Komersial", h. 15.

tingginya kandungan lignin maka akan memerlukan konsentrasi yang lebih tinggi lagi dalam menghancurkan ikatan lignin dalam lignoselulosa.⁴² Metode delignifikasi yang tepat dapat menghasilkan kadar gula yang tinggi sehingga biaya produksi biofuel yang efisien dapat dicapai. Gula pereduksi yang diperoleh tanpa delignifikasi kurang dari 20% sedangkan dengan delignifikasi dapat mencapai hingga 90%.⁴³

Metode delignifikasi dapat digolongkan ke dalam 4 jenis, yaitu delignifikasi secara fisik, delignifikasi secara kimia fisik, delignifikasi secara kimia, dan delignifikasi secara biologi. Salah satu metode delignifikasi adalah penambahan pelarut natrium hipoklorit (NaOCl). Konsentrasi NaOCl yang digunakan adalah 10%, konsentrasi ini ditentukan berdasarkan banyaknya lignin yang dapat diurai. Hal ini berkaitan dengan penentuan konsentrasi NaOCl untuk delignifikasi. Semakin tinggi konsentrasi NaOCl maka semakin banyak pula lignin yang mampu diurai, konsentrasi maksimum yang digunakan adalah 10% karena jika konsentrasi NaOCl yang digunakan lebih dari 10% akan merusak xilan yang berstruktur amorf pada struktur selulosa.⁴⁴



Reaksi 2.1 Pemutusan Ikatan Lignin Dengan NaOH.⁴⁵

⁴²Lucky Risanto, dkk, “Perlakuan Gelombang Mikro pada Dua Jenis Kayu Cepat Tumbuh untuk Produksi Bioetanol”, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 10 no. 1 (2012), h. 78.

⁴³Faisal Gayang, “Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xylanase dan Selulase Komersial”. *Skripsi* h. 13.

⁴⁴Albar Budiman dan Sigit Setyawan, “Pengaruh Konsentrasi Substrat, Lama Inkubasi Dan pH Dalam Proses Isolasi Enzim Xylase Dengan Menggunakan Media Jerami Padi”, h. 2.

⁴⁵Rika Julfana Sutarno, “Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma reesei* DAN *Aspergillus niger*”, *Jurnal Kimia ISSN 2303-1007* 2 no. 1, h. 54.

Delignifikasi juga dapat dilakukan dengan natrium hidroksida (NaOH) karena larutan ini dapat merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa. Ekstraksi hemiselulosa dapat menggunakan pelarut yang bersifat basa seperti NaOH, NH₄OH dan KOH. Dari ketiga pelarut tersebut yang paling baik digunakan adalah NaOH. NaOH dapat menghilangkan lignin pada struktur amorf hemiselulosa. NaOH akan masuk dan memutuskan ikatan dari struktur dasar lignin dan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat polar sehingga mudah larut dalam pelarut polar. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam. Lindi hitam tersebut menunjukkan lapisan lignin telah terpisah dari selulosa. Kondisi ini akan meningkatkan produktivitas mikroorganisme dalam memproduksi selulase dan efektivitas hidrolisis menjadi lebih tinggi.⁴⁶

Kelemahan delignifikasi menggunakan asam pekat adalah masalah korosif yang ditimbulkan dan dapat meninggalkan masalah pencemaran lingkungan. Masalah terakhir yang ditimbulkan oleh penggunaan asam pada hidrolisis adalah produk yang dihasilkan berupa senyawa furfural dan hidroksi metil furfural, kedua senyawa ini diketahui sebagai inhibitor bagi beberapa genus bakteri fermentasi gula pereduksi. Selain pereaksi asam, beberapa basa dapat digunakan untuk hidrolisis biomassa lignoselulosa. Proses delignifikasi juga dapat dilakukan dengan menggunakan larutan alkali. Pengaruh hidrolisis alkali tergantung seberapa banyak persentase lignin di dalam lignoselulosa. Beberapa jurnal menyebutkan mekanisme hidrolisis alkali berawal dari saponifikasi untuk memutuskan ikatan ester hemiselulosa dengan komponen lignin maupun hemiselulosa lain yang terjadi secara intermolekuler. Perlakuan delignifikasi menyebabkan pemekaran selulosa. Pemekaran selulosa akan meningkatkan luas permukaan lignoselulosa, menurunkan

⁴⁶Rika Julfana Sutarno, "Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma reesei* DAN *Aspergillus niger*", *Jurnal* h. 54.

derajat polimerisasi, mengurangi area kristalinitas, terjadi pemisahan ikatan antara lignin dan karbohidrat, dan mengacaukan struktur lignin.⁴⁷

B. Enzim Selulase

Enzim merupakan produk bioteknologi yang menarik perhatian karena peranannya dalam berbagai bidang, terutama bidang industri. Salah satu enzim yang berpotensi dalam bidang industri adalah selulase. Selulase dapat diaplikasikan dalam industri kertas, tekstil, makanan, dan detergen. Selain itu, enzim ini digunakan untuk meningkatkan kualitas nutrisi pakan ternak dan berperan penting dalam biokonversi selulosa menjadi berbagai komoditas senyawa kimia.⁴⁸

Aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH, karena sifat ionik gugus karboksil dan gugus amino mudah dipengaruhi oleh pH. Perubahan pH yang tidak sesuai akan menyebabkan daerah katalitik dan konformasi enzim berubah.⁴⁹ Perubahan pH juga menyebabkan perubahan tingkat ionisasi pada enzim. Sebagai protein enzim, tidak berbeda dengan protein lain yang berarti mekanisme kerjanya sangat dipengaruhi oleh pH. Jika pH terlalu rendah, maka enzim menjadi tidak aktif, demikian juga jika pH terlalu tinggi, kemungkinan akan menyebabkan denaturasi pada enzim.⁵⁰ Enzim membutuhkan pH tertentu untuk menjalankan aktivitasnya. Setiap enzim membutuhkan pH yang berbeda-beda. Ada enzim yang dapat bekerja optimal pada pH tinggi dan ada pula yang bekerja optimal pada pH yang rendah. Jika pH terlalu tinggi atau terlalu rendah enzim akan mengalami denaturasi dan ini akan mengakibatkan menurunnya aktivitas enzim. Kecepatan enzim bereaksi dipengaruhi

⁴⁷Faisal Gayang, "Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xilanase dan Selulase Komersial", h. 16.

⁴⁸Maria Bintang. *Biokimia Teknik Penelitian*, (Jakarta: Erlangga, 2010), h. 49.

⁴⁹Anja Meryandini, dkk, "Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya", *Jurnal Makara Sains* 13 no. 1 (2009), h. 36.

⁵⁰Rasti Saraswati, "Penelitian dan Pengembangan Pengomposan Dengan DSA Plus Selulolitik dan Lignolitik < 5 Hari Untuk Pembuatan Foliar Biofertilizer dan Biostimultan yang Mampu Meningkatkan Efisiensi Pemupukan > 25%", *Jurnal Balai Penelitian Tanah*, 2010, h. 17.

oleh konsentrasi enzim yang berfungsi sebagai katalisator. Jika konsentrasi enzim dengan substrat sudah seimbang maka kecepatan reaksi kimia akan relatif konstan. Demikian juga dengan adanya aktivator yang berfungsi mengaktifkan enzim dan pada umumnya berasal dari bahan yang tahan panas dan berberat molekul yang relatif rendah.⁵¹ Oleh karena reaksi kimia itu dapat dipengaruhi oleh suhu, maka reaksi yang menggunakan katalis enzim dapat pula dipengaruhi oleh suhu. Pada suhu rendah reaksi kimia berlangsung lambat, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi reaksi berlangsung lebih cepat.⁵²

Kenaikan suhu pada reaksi enzimatik sampai pada suhu optimum akan mengakibatkan naiknya kecepatan reaksi akibat dari bertambahnya energi kinetik. Bertambahnya energi kinetik akan mempercepat energi vibrasi, translasi dan rotasi baik enzim maupun substrat. Hal ini akan memperbesar peluang enzim dan substrat bereaksi. Ketika suhu lebih tinggi dari suhu optimum, protein berubah konformasi sehingga gugus reaktif terhambat. Perubahan konformasi ini dapat menyebabkan enzim terdenaturasi. Selain itu, substrat juga dapat berubah konformasinya pada suhu yang tidak sesuai, sehingga substrat tidak dapat masuk ke dalam sisi aktif enzim.⁵³

Enzim bekerja dengan cara menempel pada permukaan molekul zat-zat yang bereaksi dan mempercepat proses reaksi. Peningkatan laju reaksi tersebut terjadi karena enzim menurunkan energi aktivasi dan mempermudah terjadinya reaksi namun tidak ikut bereaksi. Enzim bekerja secara spesifik sehingga enzim

⁵¹Iche Marina Dewi, "Isolasi Bakteri Dan Uji Aktivitas Kitinase Termofilik Kasar Dari Sumber Air Panas Tinggi Raja", *Skripsi* (Medan: Universitas Sumatera Utara, 2008), h. 30-31.

⁵²Anna Poendjiadi dan F. M. Titin Supriyanti, *Dasar-dasar Biokimia* (Jakarta: UI-Press, 2006), h. 161.

⁵³Mary Rumiris, dkk., "Optimalisasi Suhu dan Waktu Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik Strain Lokal S-16", h. 5.

yang digunakan harus sesuai dengan polisakarida yang akan dihidrolisis enzim yang digunakan adalah enzim selulase.⁵⁴

Enzim selulase merupakan enzim ekstraseluler. Enzim ini akan dilepaskan oleh sel pada media tumbuh, sebagai respon adanya substrat selulosa pada media tumbuhnya. Enzim ekstraseluler memiliki beberapa kelebihan dibandingkan enzim intraseluler, diantaranya mampu menghidrolisis substrat-substrat berberat molekul tinggi, relatif stabil, dapat dihasilkan dengan tingkat kemurnian dan rendemen yang lebih tinggi serta lebih mudah dipanen.⁵⁵ Enzim selulase bekerja spesifik untuk mengubah selulosa menjadi glukosa melalui tiga tahap. Tahap pertama enzim endoselulase memecah ikatan kristal selulosa yang semula berupa ikatan silang menjadi ikatan selulosa rantai lurus. Tahap kedua yaitu enzim eksoselulase memecah selulosa berantai lurus menjadi selobiose yaitu senyawa yang terdiri dari dua molekul glukosa. Tahap terakhir yaitu enzim selobiose yaitu mengubah selobiose menjadi molekul-molekul glukosa.⁵⁶

Interaksi antara enzim dengan substrat yang semakin lama menyebabkan semakin banyak glukosa yang terbentuk. Akan tetapi pada waktu hidrolisis tertentu konsentrasi glukosa akan mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh adanya akumulasi produk yang telah terbentuk sebelumnya dan menyebabkan penghambatan bagi enzim selulase. Inhibitor enzim selulase berupa produk dari hidrolisis selulosa yaitu glukosa dan selobiosa. Selobiosa menghambat enzim eksoglukanase sedangkan glukosa menghambat enzim β -glukosidase.⁵⁷

⁵⁴T. Handoko, dkk, "Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol". *Jurnal*, h. 28.

⁵⁵Laila Kamila, "Pencirian Selulolitik Isolat Khamir *Rhodotorula* sp. Dari Tanah Hutan Taman Nasional Gunung Halimun". *Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan IPA, IPB* (2003), h. 3.

⁵⁶T. Handoko, dkk, "Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol", *Jurnal*, h. 28.

⁵⁷Rika Julfana Sutarno, "Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma reesei* DAN *Aspergillus niger*", *Jurnal*, h. 55.

Enzim selulase terdiri dari tiga macam enzim yang bekerja secara sinergis untuk mendegradasi substrat Kristal selulosa yaitu enzim endo 1,4 β -glukanase, selobiohidrolase dan β -glukosidase. Mekanisme pendegradasian selulosa dimulai dengan kerja enzim endoglukanase sampai terbentuk produk glucose. Titik pusat pendegradasian selulosa terhidrolisis terletak pada pecahnya ikatan 1,4 β -glukosida yang menyebabkan selulosa terhidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana yang oligosakarida yang dilakukan oleh kompleks enzim selulase.⁵⁸

Produksi enzim selulase secara komersial biasanya menggunakan kapang atau bakteri. Kapang yang biasanya menghasilkan enzim selulase adalah *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride*, dan lain lain, sedangkan bakteri yang bisa menghasilkan enzim selulase adalah *Pseudomonas*, *Cellulomonas* dan *Bacillus*.⁵⁹

Klasifikasikan *Aspergillus niger* sebagai berikut:

Divisi	: Fungi
Sub Kelas	: Hyphomycetes
Ordo	: Monoliales
Family	: Monoleaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Spesies	: <i>Aspergillus Niger</i> .

Aspergillus niger adalah mould dari kelas fungi imperfect, tersebar dimana-mana pada bermacam substrat antara lain terdapat pada buah-buahan, sayur-sayuran dan makanan yang telah busuk. Jamur ini berperan dalam mendekomposisi

⁵⁸Koesnoto Soepranianondo, dkk, "Potensi Jerami Padi yang Diamoniasi dan Difermentasi Menggunakan Bakteri Selulolitik terhadap Konsumsi Bahan Kering, Kenaikan Berat Badan dan Konversi Pakan Domba", *Jurnal*, h. 203.

⁵⁹Ida Bagus Wayan Gunam, dkk, "Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi", *Jurnal*, h. 30.

polisakarida di dalam kayu, mempunyai suhu pertumbuhan 30°C-37°C pada pH 4-6 dan aerob.⁶⁰

Aspergillus niger merupakan fungi dari filum *ascomycetes* yang berfilmen, mempunyai hifa berserat dan dapat ditemukan melimpah di alam. Koloninya berwarna putih pada *Potato Dextrose Agar (PDA)* 25°C dan berubah menjadi hitam ketika kandida terbentuk. Kepala kandida dari *Aspergillus niger* berwarna hitam bulat, cenderung memisah menjadi bagian-bagian yang lebih longgarseiring dengan bertambahnya umur. Pada kondisi optimal *Aspergillus niger* mampu mengekskresikan asam-asam lemak organik yang berfungsi mengurai fosfat.⁶¹

C. Sakarifikasi Fermentasi Serentak (SFS)

Secara umum sintesis bioetanol yang berasal dari biomassa terdiri dari dua tahap utama, yaitu hidrolisis dan fermentasi. Pada metode terdahulu proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah atau dan yang terbaru adalah proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS). Satu diantara beberapa keuntungan dari proses SSF adalah hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu wadah atau reaktor sehingga dapat berlangsung secara efisien. Hidrolisis bertujuan untuk memecah polisakarida menjadi monosakarida sehingga dapat langsung difermentasi oleh *yeast*. Pada penelitian ini hidrolisis dilakukan secara biologis, yaitu menggunakan enzim.⁶²

Fermentasi fase padat atau sering disebut sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS) pertama kali dikenalkan oleh Takagi yang telah berhasil mengkombinasikan enzim selulase dan yeast *Sacharomyces cerevisiae* untuk

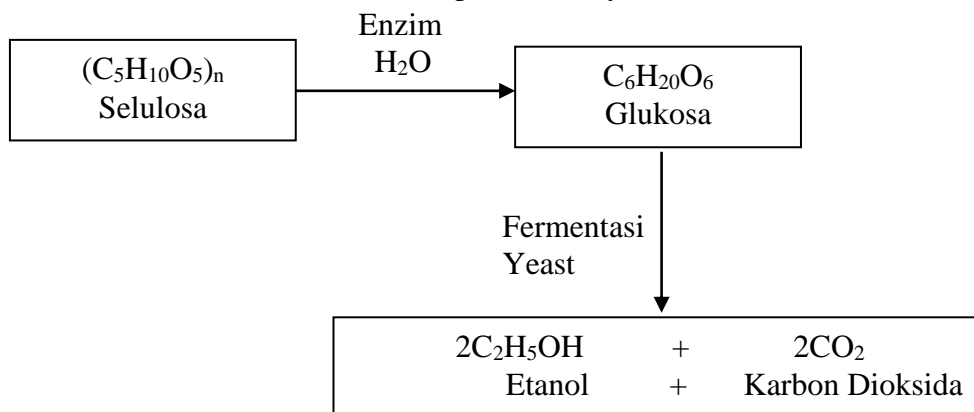
⁶⁰Albar Budiman dan Sigit Setyawan, “Pengaruh Konsentrasi Substrat, Lama Inkubasi dan pH Dalam Proses Isolasi Enzim Xylanase Dengan Menggunakan Media Jerami Padi”, *Jurnal*, h. 4.

⁶¹Hita Hamastuti, dkk, “Peran Mikroorganisme *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Aspergillus niger* pada Pembuatan Kompos Limbah *Sludge* Industri Pengolahan Susu”. *Jurnal Teknik Pomits* 1 no. 1 (2012), h. 2.

⁶²M. Samsuri, dkk, “Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Dengan Enzim Xylanase”, *Jurnal Teknik* 11 no. 1 (2007), h. 20.

fermentasi gula menjadi etanol. Fermentasi fase padat sebagai proses fermentasi yang melibatkan zat padat dalam suatu fasa cair.⁶³

Secara umum reaksi dalam proses SSF yaitu :



Gambar 2.5 Skema Reaksi Sakarifikasi dan Fermentasi.⁶⁴

Proses hidrolisis bertujuan untuk memecah polisakarida menjadi monosakarida sehingga dapat langsung difermentasi oleh *yeast*. Proses hidrolisis adalah proses ramah lingkungan berbahan baku terbarukan. Oleh karena itu hidrolisis limbah pertanian dapat member nilai tambah bagi petani karena proses yang ekonomis. Hidrolisis meliputi proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentosa (C₅) dan heksosa (C₆).⁶⁵ Proses hidrolisis menghasilkan bioetanol dimana selulosa menjadi glukosa yang kemudian difermentasi menjadi etanol. Hidrolisis selulosa dapat dilakukan secara kimia dan enzimatik. Hidrolisis kimia biasanya menggunakan asam

⁶³M. Samsuri, dkk, "Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Dengan Enzim Xylanase", *Jurnal*, h. 20.

⁶⁴Dwi Laura Pramita, dkk, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nenas Menggunakan Enzim Selulase dan Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) terhadap Variasi Konsentrasi Inokulum dan Waktu Fermentasi", *Jurnal*, h. 2.

⁶⁵Novi Lestu L Binoto, dkk, "Hidrolisis Ampas Tebu Secara Enzimati Menggunakan *Trichoderma reesei*", *Jurnal*, h. 2.

sedangkan hidrolisis enzim secara sederhana dilakukan dengan mengganti tahap hidrolisis asam dengan hidrolisis secara enzimatis.⁶⁶

Hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam diantaranya adalah:⁶⁷ [1] Tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis. [2] Kondisi proses yang lebih lunak (suhu rendah dan pH netral). [3] Berpotensi memberikan hasil yang tinggi. [4] Biaya pemeliharaan yang relatif muda karena tidak ada bahan yang korosif.

Proses hidrolisa untuk memproduksi monomer-monomer gula dari selulosa dan hemiselulosa dapat berlangsung melalui proses hidrolisa asam maupun melalui proses hidrolisa enzimatis. Hidrolisa asam dibedakan menjadi dua proses yaitu hidrolisis asam encer (*Dilute Acid Hydrolysis*) dan hidrolisis asam pekat (*Concentrated Acid Hydrolysis*). hidrolisis asam encer merupakan teknologi tertua yang digunakan untuk menghidrolisa selulosa, proses ini melibatkan larutan asam sulfat 1% dalam reaktor kontinyu yang berpotensi pada suhu tinggi (250°C). konversi dari proses tersebut hanya 50%, hidrolisis asam pekat menggunakan asam sulfat konsentrat dan dilanjutkan dengan pelarutan dalam air untuk melarutkan dan menghidrolisis selulosa menjadi gula. Hidrolisa selulosa secara enzimatis memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi konversi dan produktivitas. Hidrolisa selulosa secara enzimatis merupakan suatu kasus khusus dalam bidang enzimologi karena substrat berada dalam fase padat sehingga hidrolisa berlangsung pada fase padat.⁶⁸

Proses hidrolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi: [1] pH (derajat keasaman) pH mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrolisis

⁶⁶Ida Bagus Wayan Gunam, dkk, "Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi", *Jurnal*, h. 30.

⁶⁷Novi Lestu L Binoto, dkk, "Hidrolisis Ampas Tebu Secara Enzimati Menggunakan *Trichoderma reesei*", *Jurnal Teknik Kimia* h. 2.

⁶⁸Endy Yulianto, dkk, "Pengembangan Hidrolisis Enzimatis Biomassa Jerami Padi Untuk Produksi Bioetanol", *Jurnal*, h. 67.

yang sesuai dengan yang diinginkan, pH yang baik untuk proses hidrolisis adalah 2,5. [2] Suhu juga mempengaruhi proses kecepatan reaksi hidrolisis suhu yang baik untuk hidrolisis selulosa adalah sekitar 21°C. [3] Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi hidrolisis untuk hidrolisis asam digunakan konsentrasi asam yang pekat.⁶⁹

Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia pada substrat organik, baik karbohidrat, protein, lemak atau lainnya melalui kegiatan enzim atau mikroba spesifik. Khamir yang sangat potensial untuk fermentasi etanol adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena memiliki daya konversi menjadi etanol sangat tinggi, metabolismenya sudah diketahui, metabolit utama berupa etanol, karbondioksida, dan air dan sedikit menghasilkan metabolit lainnya.⁷⁰

Fermentasi merupakan proses perubahan-perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang berlangsung karena aksi katalisator biokimiawi yaitu enzim yang dihasilkan oleh suatu mikroba perlu adanya medium fermentasi yang mengandung nutrisi untuk pertumbuhan, bahan pembentuk sel dan biosintesis produk-produk metabolisme. Fermentasi untuk menghasilkan bioetanol oleh ragi merupakan perubahan gula-gula heksosa sederhana menjadi etanol dan CO₂ secara anaerob, udara tidak diperlukan selama proses fermentasi. Pada proses fermentasi terjadi pemecahan senyawa induk dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul etanol, 2 molekul CO₂ dan pembebasan energi. Secara teoritis bahwa 1 gram gula akan dikonversikan menjadi 0,51 gram etanol (51% etanol) dan 0,49 gram CO₂.⁷¹

⁶⁹Ni Ketut Sari, "Pembuatan Bioetanol Dari Rumput Gajah Melalui Destilasi Batch", *Jurnal*, h. 97.

⁷⁰Kristina, "Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit", *Jurnal Teknik Kimia* 18, no. 3 (2012), h. 36.

⁷¹Muhammad Irsyad Abdullah, dkk, "Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan *Sacharomyces cereviceae* Pada Fermentor 70 Liter", *Jurnal Teknik Kimia*. h. 3.

Proses fermentasi diberikan penambahan larutan nutrisi sebagai pelengkap dan dapat merangsang pertumbuhan. Nutrisi yang diberikan yaitu karbon, nitrogen, hidrogen dan mineral seperti fosfor, sulfur, kalsium, kalium dan magnesium. Sumber karbon yang diberikan berupa selulosa yang berasal dari jerami padi. Karbon berfungsi sebagai unsur utama dalam pembentukan sel. Nitrogen berfungsi dalam pembentukan asam amino, DNA, RNA dan ATP. Hidrogen dan oksigen berfungsi dalam proses pembentukan sel. Fosfor berfungsi sebagai kofaktor enzim dan pembentukan asam nukleat. Sulfur, kalium dan kalsium berfungsi sebagai kofaktor enzim. Magnesium berfungsi untuk menjaga kestabilan ribosom, membrane sel dan asam nukleat, sebagai kofaktor enzim dan sebagai komponen dari klorofil.⁷²

Proses konversi bioetanol hasil fermentasi berpegaruh pada pembentukan produk samping dimana dengan meningkatnya pH mengakibatkan konsentrasi meningkat akan tetapi aktivitas enzim akan berakhir pada aktivitas maksimum dimana terjadi kematian karena habisnya nutrisi dan substrat yang akan dikonversi sedangkan penurunan pH mengakibatkan terhambatnya aktivitas enzim sehingga kemampuan mikroba untuk mengurai gula menjadi bioetanol semakin rendah. Selain itu waktu fermentasi juga sangat berpengaruh terhadap konsentrasi bioetanol dimana semakin lama waktu fermentasi maka bioetanol yang dihasilkan juga semakin tinggi, akan tetapi setelah kondisi optimum tercapai maka konsentrasi bioetanol yang diperoleh cenderung mengalami penurunan. Adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka dan ester. Pengaruh yang lain pada proses konversi bioetanol pada proses fermentasi adalah suhu, karena suhu fermentasi mempengaruhi lama fermentasi, dimana pertumbuhan mikroba

⁷²Rika Julfana Sutarno, "Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma reesei* DAN *Aspergillus niger*", *Jurnal*, h. 54.

dipengaruhi oleh suhu lingkungan fermentasi dan setiap mikroba mempunyai criteria pertumbuhan yang berbeda-beda.⁷³

Waktu fermentasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* mengubah atau memfermentasi glukosa menjadi bioetanol. Pada proses fermentasi, waktu fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan hingga tercapai kadar etanol optimum.⁷⁴

Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Divisi	: <i>Ascomycota</i>
Kelas	: <i>Saccharomycetes</i>
Ordo	: <i>Saccharomycetales</i>
Family	: <i>Saccharomycetaceae</i>
Genus	: <i>Saccharomyces</i>
Spesies	: <i>Saccharomyces ceriviseae</i>

Saccharomyces cerevisiae merupakan khamir sejati tergolong eukariotik (memiliki membran inti), ukuran 6-8 mikron, berbentuk bulat telur, melakukan reproduksi dengan cara bertunas dan dapat hidup di lingkungan aerob maupun anaerob. Kata *Saccharomyces cerevisiae* berasal dari kata *Saccharo* artinya gula dan *myces* artinya makan sedangkan *cerevisiae* artinya berkembang biak yang secara keseluruhan berarti ragi hidup dan berkembang biak dengan memakan gula. Dalam proses fermentasi untuk menghasilkan etanol salah satunya dapat memakai ragi roti. Ragi roti ialah produk yang dibuat dengan membiakkan khamir jenis *Saccharomyces*

⁷³Muhammad Irsyad Abdullah, dkk, “Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan *Sacharomyces cereviceae* Pada Fermentor 70 Liter”, *Jurnal*, h. 5.

⁷⁴Yolanda Amalia, dkk, “Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase dan *Yeast Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum”, *Jurnal Teknik Kimia*, h. 5.

cerevisiae dalam media serelia atau bahan lain yang sesuai, dikeringkan, serta mempunyai kemampuan meragikan adonan tepung pada pembuatan roti dan kue.⁷⁵

Ragi roti mengandung enzim yang langsung berkaitan dengan fermentasi ada 3 yaitu maltase, invertase dan zimase. Maltase mengubah maltosa menjadi glukosa. Invertase mengubah sukrosa menjadi fruktosa dan glukosa. Zimase mengubah fruktosa dan glukosa menjadi gas karbondioksida.

Glukosa adalah suatu aldohexosa dan sering disebut dekstrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan. Secara alami glukosa dihasilkan dari reaksi karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun. Proses ini disebut fotosintesis dan glukosa yang terbentuk terus digunakan untuk pembentukan amilum atau selulosa. Glukosa dari hasil fermentasi akan diubah oleh bantuan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* menjadi alkohol.

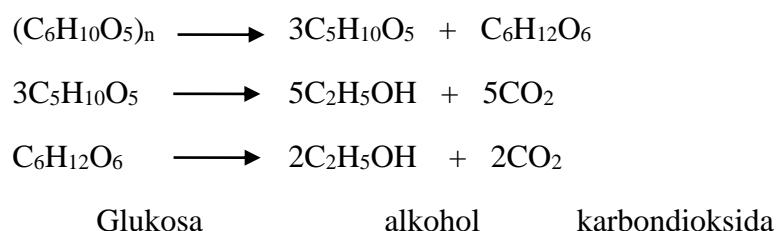
Bioetanol merupakan etanol hasil fermentasi biomassa. Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar energi terbarukan karena mengingat kualitas minyak bumi saat ini yang mulai menipis. Produksi etanol nasional pada tahun 2006 mencapai 200 juta/L. kebutuhan etanol nasional tiap tahun meningkat mencapai 900 juta/KL. Saat ini bioetanol diproduksi dari tetes tebu, singkong maupun jagung.⁷⁶ Alasan digunakan bioetanol sebagai bahan bakar karena penggunaan etanol murni akan menghasilkan CO₂ 13% lebih rendah dibanding premium. Selain itu bioetanol dapat menurunkan kadar emisi gas rumah kaca sehingga 80% dari hasil pembakarannya. Bioetanol dapat diproduksi dari bahan yang mengandung glukosa,

⁷⁵Agung Purwanto, "Pembuatan Bioetanol Dari Tepung Biji Nangka Dengan Proses Sakarifikasi Fermentasi Fungi *Aspergillus niger* Dilanjutkan Dengan Fermentasi Yeast *Saccharomyces cereviceae*", *Skripsi* (Semarang: Fakultas Teknik, 2012), h. 12.

⁷⁶Endy Yulianto, dkk. "Pengembangan Hidrolisis Enzimatis Biomassa Jerami Padi Untuk Produksi Bioetanol", *Jurnal*, h. 66.

pati dan selulosa. Bioetanol dihasilkan dari proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa yang kemudian difermentasi menjadi etanol.⁷⁷ Produksi bioetanol dari biomassa selulosa pertanian meliputi tahap *pretreatment*, hidrolisis (sakarifikasi), fermentasi dan pemurnian etanol.⁷⁸

Etanol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan kimia untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Mekanisme pembentukan bioetanol dari selulosa yaitu :⁷⁹



Etanol atau etil alkohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) adalah bahan kimia organik yang penting karena memiliki sifat yang unik, dan karena itu dapat digunakan secara luas untuk berbagai tujuan. Dalam kondisi biasa, etanol mudah menguap, mudah terbakar, dan tidak berwarna, bening seperti air. serta larut baik dalam air dan pelarut non-polar. Produksi etanol dapat dilakukan dalam dua cara yaitu secara sintetik dan biologi. Produksi etanol sintetis umumnya dilakukan melalui katalitik hidrasi etilen dalam fase uap dan sering kali merupakan produk sampingan dari operasi industri tertentu. Etanol yang dihasilkan dari proses ini banyak digunakan sebagai (pelarut 60%) dan kimia antara 40%. produksi etanol secara biologi dengan

⁷⁷Ida Bagus Wayan Gunam, dkk, "Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi", *Jurnal*, h. 29-30.

⁷⁸Kodri, dkk, "Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatis Jerami Padi dengan *Pretreatment* Microwave", *Jurnal*, h. 37.

⁷⁹Kristina, dkk, "Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit", *Jurnal*, h. 36.

ptoses fermentasi yang menyumbang sekitar 93% dari total produksi etanol di dunia. Etanol yang dihasilkan dari fermentasi gula umumnya diekstrak dari tanaman.⁸⁰

Sifat fisika dan kimia etanol (C_2H_5OH) meliputi titik beku $-114,1$, titik didih $78,32^{\circ}C$, densitas $0,7893 \text{ g/mL}$, indeks bias $1,36143$, tegangan permukaan $23,1 \text{ dyne/cm}$, viskositas $1,17 \text{ cP}$, panas penguapan $200,6 \text{ cal/gram}$, panas pembakaran pada $25^{\circ}C$ $7092,9 \text{ cal/g}$, titik nyala $70^{\circ}F$, panas spesifik $0,578 \text{ cal/g}^{\circ}C$, termal konduktivitas pada $20^{\circ}C$ $0,00170 \text{ J/(sec)(cm}^2\text{)(}^{\circ}C\text{/cm)}$, nilai oktan 106-111, wujud pada suhu kamar cair, dicampur dengan natrium berekai, larut sempurna dalam air, mudah terbakar.⁸¹

⁸⁰Yolanda Amalia, dkk, “Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase dan *Yeast Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum”, *Jurnal*, h. 5.

⁸¹Kristina, dkk, “Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit”, *Jurnal*, h. 36.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2015 sampai September 2015 di Laboratorium Analitik, Laboratorium Anorganik, Laboratorium Biokimia, Laboratorium Riset Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, Laboratorium Analitik Politeknik Ujung Pandang Makassar.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *gas chromatography* (GC) 130.000s, Spektrofotometer FT-IR *Shimadzu-8201pc*, Spektrofotometer UV-VIS varian carry 50, lemari asam, *sieve shaker*, *shaker waterbath*, inkubator, neraca analitik, autoklaf, oven, laminar air flow, lemari pendingin, neraca analitik, pipet volum 25 mL, pipet skala 10 mL, pipet skala 5 mL, pipet skala 1 mL, labu takar 1000 mL, erlenmeyer 500 mL, erlenmeyer 250 mL, gelas kimia 1000 mL, gelas kimia 500 mL, gelas kimia 250 mL, gelas kimia 100 mL, gelas kimia 50 mL, penangas listrik, bulp, plat tetes, termometer 100⁰C, kawat ose, batang pengaduk, selang, spatula dan botol semprot.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu aluminium foil, amonium molibdat, aquadest (H₂O) , asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄) pekat, *Aspergillus niger*, batu didih, glukosa, dinatrium hidro arsenat anhidrat (Na₂HAsO₄.7H₂O), dinatrium sulfat ((NH₄)₂SO₄), etanol (C₂H₅OH) 70%, kain kasa, kapas, jerami padi, kalium dikromat (K₂Cr₂O₇), kalium hidroksida (KOH) kupri sulfat anhidrat (CuSO₄.5H₂O, natrium bikarbonat (Na₂HCO₃), natrium karbonat (Na₂CO₃), natrium hidroksida (NaOH) 0,5 N, natrium kalium tartrat, natrium sulfat

(Na_2SO_4), kalium hidrogen posfat (KH_2PO_4), *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan urea.

C. Prosedur Kerja

1. Perlakuan fisik dan penghilangan lignin

Menjemur jerami padi selama 2 hari kemudian memotong kecil-kecil jerami padi yang sudah kering lalu mengoven jerami padi selama 4 jam pada suhu 60°C , menggerus serbuk jerami padi kemudian mengayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh sehingga diperoleh serbuk jerami padi dengan ukuran 100 μm . menimbang 10 gram serbuk jerami padi ke dalam Erlenmeyer 250 mL lalu menambahkan natrium hidroksida (NaOH) 0,5 N sebanyak 100 mL lalu dioven selama 24 jam pada suhu 105°C kemudian disaring, serbuk jerami padi dibilas dengan aquadest hingga pH netral (diuji dengan kertas lakmus) dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 100°C , digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh hasil perlakuan ini yaitu serbuk selulosa (Novia, dkk, 2013)

2. Penyiapan inokulum dari *Aspergillus niger*

Sebanyak 100 ml media cair (media cair ini terdiri dari glukosa 1,1001 gram dan *nutrien broth* (NB) 0,8813 gram) memasukkan ke dalam erlenmeyer dan pH media cair dengan asam klorida (HCl) hingga pH 3 kemudian mencelupkan ke dalam etanol 96% lalu dipanaskan pada api bunsen sampai berwarna merah. Mengambil biakan *Aspergillus niger* dari media PDA dengan menggunakan kawat ose lalu dicelupkan beberapa saat pada media cair hingga tampak keruh. Media cair ditutup dengan kapas dan diletakkan pada *rotary shaker* selama 48 jam dengan kecepatan 130 rpm hingga diperoleh suspensi *Aspergillus niger*.

3. Pembuatan enzim selulase dari medium cair padat

Menimbang 10 gram serbuk jerami padi lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL dan menambahkan nutrisi urea 0,0159 gram, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0026 gram, KH_2PO_4 0,0013 gram dan 80 mL aquadest kemudian mengatur pH

media menggunakan asam klorida (HCl) hingga pH 5 lalu media disterilkan di dalam *autoclave* pada suhu 120°C selama 15 menit. Media yang telah disterilkan kemudian didinginkan dan suspensi spora *aspergillus niger* sebanyak 10 mL pada media tersebut lalu media diinkubasi pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dengan waktu fermentasi 96 jam. Hasil fermentasi diekstrak dengan aquadest sebanyak 100 mL kemudian di letakkan pada *rotary shaker* selama 1 jam dengan kecepatan 150 rpm dan cairan hasil fermentasi dipisahkan dengan menggunakan kertas saring. Enzim yang diperoleh kemudian disimpan di lemari pendingin dan siap digunakan (Novia, dkk, 2014)

4. Proses sakarifikasi dan fermentasi serentak

Sebanyak 20 gram jerami padi hasil perlakuan awal ditambahkan aquadest 100 mL dan mengatur pH kemudian dipanaskan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Bubur jerami padi dibiarkan hingga dingin. Kemudian ditambahkan enzim selulase sebanyak 10 mL untuk proses hidrolisis dan ditutup rapat. Selanjutnya dishaker dengan kecepatan 170 rpm selama 24 jam. Setelah itu menambahkan *Saccaromyces cerevisiae* sebanyak 4 gram diaduk dengan kecepatan 150 rpm sampai homogen. Fermentasi dimulai dengan adanya penambahan yeast ini. Kemudian erlenmeyer ditutup dengan penutup yang dilengkapi dengan selang karet yang ujung selang dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak dengan udara. Sakarifikasi dan fermentasi dilanjutkan selama 3, 5, 7 dan 9 hari. Selanjutnya larutan hasil SFS dipisahkan dari bubur jerami. Larutan tersebut didistilasi pada suhu 80°C selama 1,5 – 2 jam sampai etanol tidak menetes lagi. Mengukur destilat etanol yang diperoleh. Uji kadar glukosa dilakukan dengan menggunakan metode Nelson Samogy.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Kadar Glukosa Jerami Padi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kadar glukosa dari selulosa hasil hidrolisis jerami padi menggunakan larutan NaOH 0,5 N. metode penentuan kadar glukosa yaitu dengan analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan pereaksi Nelson-Samogy menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel IV.1 Kadar Glukosa Jerami Padi Metode Nelson Samogy

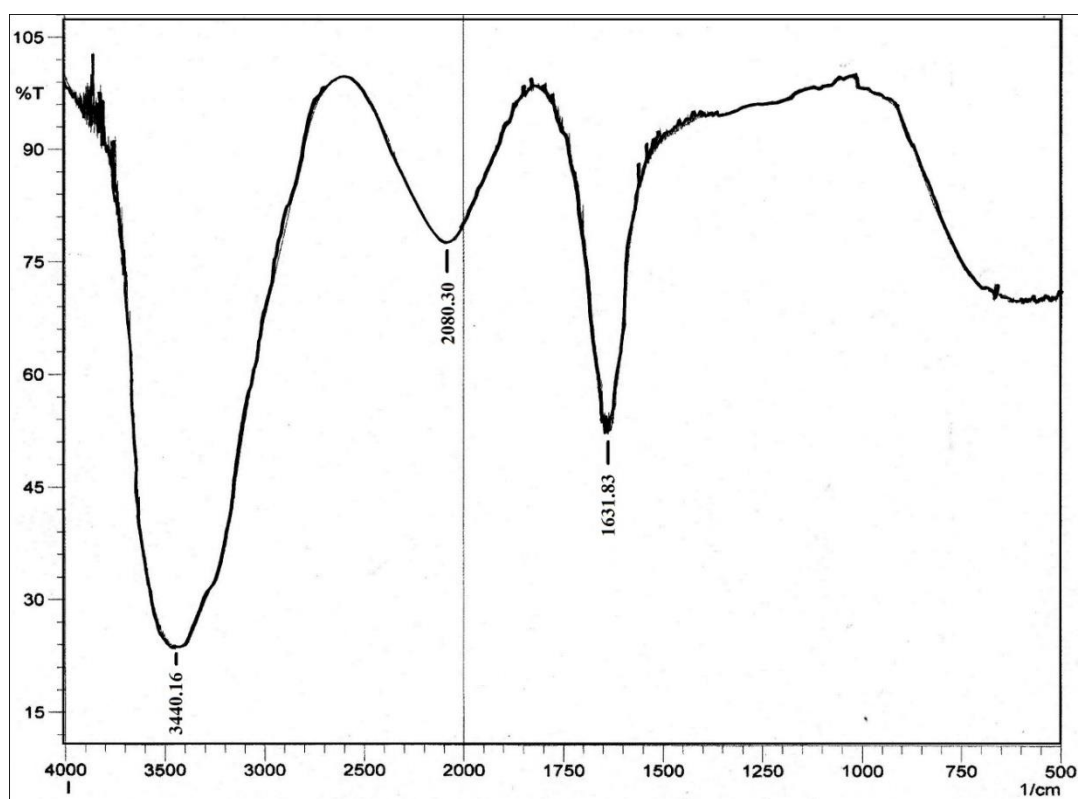
Sampel	Kadar Glukosa mg/L
Simplo	105,1733
Duplo	105,3511

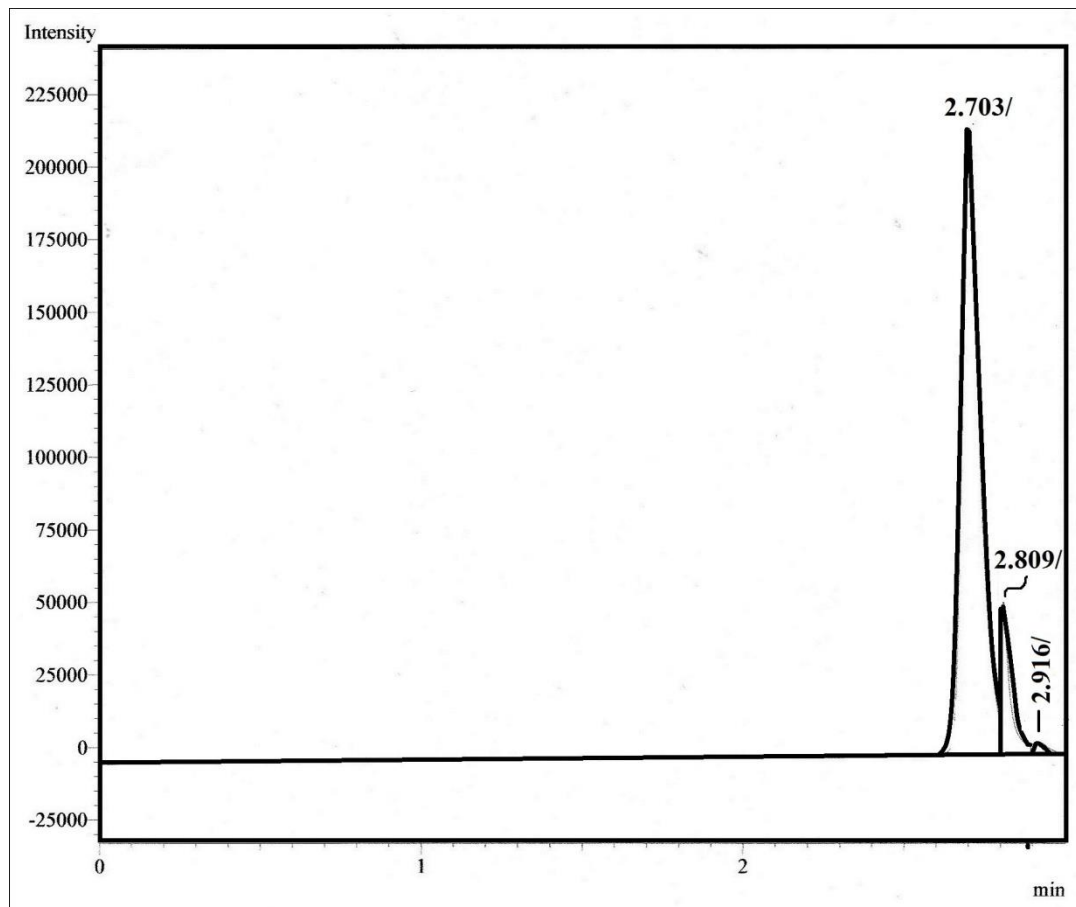
2. Kadar Bioetanol Jerami Pada Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS)

Hasil penelitian penentuan kadar bioetanol jerami padi dari proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS) yaitu dengan analisis kualitatif menggunakan spektrofotometer FTIR dan kuantitatif menggunakan *Gas Chromatography* (GC) sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Tabel IV.2 Kadar Etanol Jerami Padi pada Variasi Waktu Fermentasi

Sampel Bioetanol	Waktu Retensi (mm)	Area [pA*]	Volume Bioetanol (mL)	Kadar Bioetanol (%)
Destilasi hasil fermentasi 3 hari	2,698	247532	10	0,0711
Destilasi hasil fermentasi 5 hari	2,690	424720	16	0,1220
Destilasi hasil fermentasi 7 hari	2,703	842518	20	0,2424
Destilasi hasil fermentasi 9 hari	2,697	88200	8	0,0253

**Gambar IV.1** Spektra FTIR bioetanol hasil jerami padi



Gambar IV.2 Kromatogram GC bioetanol hasil fermentasi glukosa jerami padi 7 hari

B. Pembahasan

1. Glukosa Jerami Padi

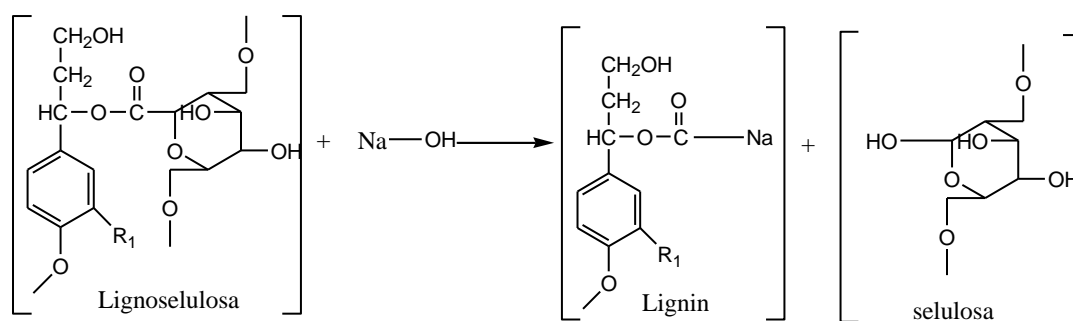
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, tahap awal delignifikasi yaitu proses penghilangan lignin yang dimulai dari penjemuran jerami padi di bawah sinar matahari. Proses penjemuran jerami padi dilakukan selama 7 hari, sehingga jerami padi bebas dari mikroba yang ditandai dengan tidak adanya bintik-bintik putih pada jerami padi. Pada proses penjemuran warna jerami berubah dari hijau kekuningan menjadi kuning kecokelatan dan berat jerami padi juga mengalami penurunan dari 3 kilogram menjadi 1,7 gram. Setelah didapatkan jerami padi berukuran kecil kemudian jerami padi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 4 jam yang bertujuan agar memudahkan proses pengayakan dimana semakin sedikit kadar

air maka turunnya serbuk pada saat diayak semakin mudah dan karena luas permukaannya menjadi lebih besar. Selain berkurangnya bobot jerami padi menjadi 1,5 kg warna jerami padi yang dihasilkan juga berubah dari kuning kecokelatan menjadi coklat yang menandakan berkurangnya kadar air jerami padi. Serbuk jerami padi 100 mesh didapatkan dengan cara mengayak jerami padi yang telah dihaluskan menggunakan *shaker ratch* yang bertujuan untuk menyamakan ukuran dan memudahkan tahap degradasi selulosa menjadi monomer gula penyusunnya.

Ukuran jerami padi pada proses delignifikasi sangat berpengaruh penting terhadap delignifikasi karena semakin kecil ukuran jerami padi maka luas permukaannya semakin besar dan semakin banyak lignin yang terpisahkan. Proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 0,5 N dengan perbandingan b/v diperoleh hasil yaitu berkurangnya berat sampel dari 125 gram serbuk jerami padi, setelah didelignifikasi menjadi 54,2631 gram serbuk selulosa dan terjadinya perubahan fisik yaitu berubahnya warna jerami padi menjadi kehijauan yang berarti kandungan lignin yang terdapat pada jerami padi telah hilang dan lepas sehingga didapatkan sampel selulosa yang akan digunakan untuk proses sakarifikasi dan fermentasi.⁸² Larutan NaOH dapat menyerang dan merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa. Manfaatnya yaitu meningkatkan pembentukan gula dengan hidrolisis enzimatik, menghindari degradasi atau hilangnya karbohidrat, menghindari terbentuknya produk samping yang akan mengganggu proses hidrolisis dan fermentasi efektif secara biaya.⁸³ Reaksi pemutusan lignin dari ligniselulosa:

⁸²Novia, dkk. "Produksi Glukosa dari Lignoselulosa Jerami Padi yang Didelignifikasi dengan Alkaline-Ozonolysis Pretreatment", *jurnal Teknik Kimia* 9, no. 4 (2013), h. 5.

⁸³Selviza Safaria, dkk. "Aktivitas campuran enzim selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa", *Jurnal Kimia* ISSN 2303-1077 2, no. 1 (2013), h. 48.



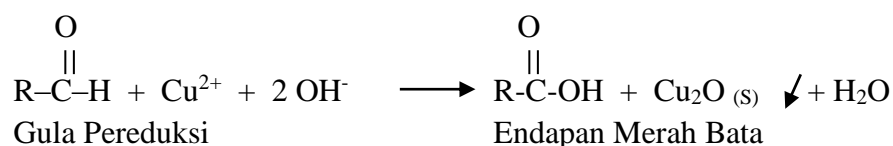
Gambar VI.2. Mekanisme pemutusan lignin dengan selulosa menggunakan NaOH

Menurut (Julfana, 2013) Kelebihan menggunakan basa NaOH dibandingkan KOH dan NH_4OH karena Ion OH^- dalam NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na^+ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut dalam pelarut polar. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*). Setelah proses perendaman, sampel disaring untuk membuang lignin yang terlarut dalam larutan tersebut kemudian sampel ini dicuci menggunakan aquadest hingga pH netral yang bertujuan untuk membersihkan larutan yang masih menempel pada sampel. Sampel yang sudah dicuci ini dikeringkan untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam sampel.

Uji kuantitatif pada tabel IV.1 terlihat bahwa kadar glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis menggunakan enzim selulase (sakarifikasi) menghasilkan glukosa dengan konsentrasi yang cukup tinggi yaitu sebanyak 20 gram serbuk selulosa jerami padi dengan penambahan enzim sebanyak 10 mL dan waktu hidrolisis selama 24 jam menghasilkan glukosa sebanyak 105,1733 mg/L untuk simplo dan 105,3511 mg/L untuk duplo. Penggunaan enzim selulase sebanyak 10% dari biomassa yaitu 5 mL dalam 50 gram biomassa dapat menghasilkan glukosa sebanyak 52,4 mg/L.⁸⁴ hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi

⁸⁴Novia, dkk. "Produksi Glukosa dari Lignoselulosa Jerami Padi yang Didelignifikasi dengan Alkaline-Ozonolysis Pretreatment", *jurnal Teknik Kimia* 9, no. 4 (2013), h. 4.

enzim yang digunakan pada proses hidrolisis maka semakin banyak glukosa yang dihasilkan karena semakin banyak ratio enzim substrat maka tumbukan antar molekul molekul lebih sering terjadi. Waktu hidrolisis 24 jam yang digunakan untuk proses hidrolisis karena waktu tersebut merupakan aktivitas tertinggi enzim selulase untuk mendegradasi selulosa. Karena semakin lama waktu yang diberikan untuk menghidrolisis selulosa maka memungkinkan adanya reaksi berkelanjutan dari enzim dan begitupula sebaliknya, semakin sedikit waktu yang diberikan untuk menghidrolisis selulosa maka semakin sedikit enzim selulase yang bekerja untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa sehingga glukosa yang dihasilkan juga sedikit. Uji kualitatif untuk mengetahui adanya glukosa dari hasil hidrolisis selulosa jerami padi yaitu dengan menggunakan pereaksi Benedict yang menghasilkan larutan berwarna kuning kehijauan dan endapan jingga. Menurut (Estien Yazid dan Lisda Novianti, 2006) uji glukosa menggunakan pereaksi Benedict dan menghasilkan larutan berwarna kuning kehijauan dan endapan jingga mempunyai kadar glukosa sebesar 1,0-2,0%. Reaksi yang terjadi yaitu:



2. Bioetanol Jerami Padi pada Proses Sakarifikasi dan fermentasi Serentak (SFS)

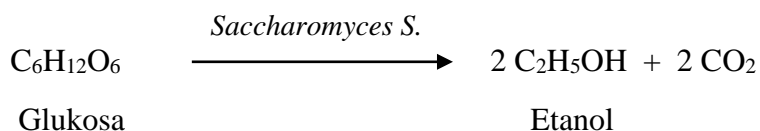
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, uji kuantitatif pada tabel IV.2 terlihat bahwa kadar bioetanol jerami padi menggunakan variasi waktu 3, 5, 7, dan 9 hari setelah di destilasi pada suhu 78°C menghasilkan volume berbeda-beda yaitu secara berturut-turut 10 mL, 16 mL, 20 mL, dan 8 mL. Dari hasil yang didapatkan volume destilat (etanol) tertinggi yaitu pada hari ke 7 yaitu 20 mL dan kadar etanol sebesar 0,2421% awalnya volume etanol yang dihasilkan semakin meningkat

dengan bertambahnya waktu fermentasi tetapi setelah waktu optimum tercapai maka volume etanol yang dihasilkan menurun. hal ini disebabkan karena substrat yang dikonversi menjadi produk oleh mikroorganisme telah habis dan bioetanol yang dihasilkan telah berubah menjadi asam asam organik seperti asam cuka. Kadar bioetanol dari jerami padi yang didapatkan dari penelitian ini yaitu 0,2421% jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang mendapatkan kadar etanol dari jerami padi dengan metode yang sama sebesar 5,653% terdapat perbedaan yang cukup jauh, faktor yang mempengaruhi berkurangnya kadar etanol yang dihasilkan karena proses fermentasi hasil pemecahan glukosa oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang kurang tepat yaitu fase pertumbuhan dan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae*.⁸⁵ Fase pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu fase adaptasi (fase lag) dimana pada fase ini *Saccharomyces cerevisiae* mengalami masa adaptasi dengan lingkungannya dan masih sedikit pertumbuhan yaitu pada hari nol hingga hari ketiga. Fase kedua yaitu fase tumbuh cepat (fase eksponensial) dimana pada fase ini *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang sangat cepat sehingga terjadi pemecahan gula yang cukup besar yaitu pada hari ketiga hingga hari kelima. Fase ketiga yaitu fase tumbuh konstan (fase stasioner) yaitu fase dimana jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang hidup sama dengan yang mati dilihat dari volume hasil destilasi hari kelima hingga hari ketujuh. Fase terakhir yaitu fase kematian yaitu fase dimana jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang mati lebih banyak daripada yang hidup hingga pada akhirnya semua *Saccharomyces cerevisiae* mati dilihat dari volume etanol yang dihasilkan menurun. faktor kedua yaitu konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* dan nutrisi yang digunakan juga sangat berpengaruh karena semakin banyak jumlah *Saccharomyces cerevisiae* maka akan memperpendek fase adaptasi sehingga *Saccharomyces cerevisiae* dapat lebih cepat

⁸⁵Novia, dkk. "Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)", *Jurnal Teknik Kimia* 20, no. 3 (2014), h. 45.

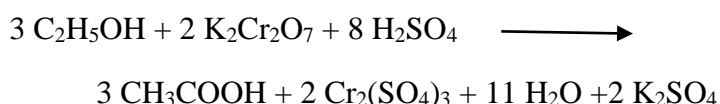
memproduksi bioetanol dari glukosa karena pemanfaatan glukosa yang optimal.

Reaksi yang terjadi yaitu:



Uji kualitatif destilat (etanol) yang dilakukan yaitu dengan melakukan uji nyala karena etanol adalah senyawa kimia dengan karakteristik tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, dan terurai secara biologis.⁸⁶ Uji kualitatif selanjutnya yaitu memanaskan destilat dalam tabung reaksi yang ditutup dengan kertas saring yang sebelumnya telah dibasahi oleh asam sulfat (H_2SO_4) 2 M dan ditetesi dengan Kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 2 M ditandai dengan berubahnya kertas saring dari kuning menjadi hijau kebiruan. Cr^{6+} yang berwarna kuning akan tereduksi menjadi Cr^{3+} yang berwarna biru karena alkohol teroksidasi menjadi aldehid.⁸⁷

Reaksi yang terjadi :



Adanya etanol dalam suatu larutan diuji secara oksidasi menggunakan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ prinsipnya adalah reaksi redoks antara etanol dengan kalium dikromat dalam suasana asam.

Hasil uji kualitatif bioetanol menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia yang dapat ditentukan dari spektra vibrasi (getaran) yang dihasilkan oleh suatu senyawa pada panjang gelombang tertentu. Pada gambar IV.1 karakterisasi spektra yang dihasilkan dapat dianalisis

⁸⁶Asriyani Endang, dkk, "Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.)", h. 168.

⁸⁷Hanny Noviani, Supartono dan Kusoro Siadi "Pengolahan Serbuk Limbah Kayu Sengon Laut Menjadi Bioetanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*", *Jurnal Kimia* ISSN : 2252 6951 vol. 3 no. 2 (2014), h. 149.

sesuai puncak-puncak dan karakter yang dibentuk oleh suatu gugus fungsi. Spektrum hasil analisa FTIR destilat (etanol) menunjukkan adanya serapan gugus –OH pada bilangan gelombang $3440,16\text{ cm}^{-1}$, pada bilangan gelombang $1631,83\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya serapan gugus CH_2 . Metode yang dilakukan untuk mengetahui kadar etanol pada penelitian ini yaitu analisis *Gas Chromatography* (GC). Gambar IV.2 menjelaskan bahwa etanol yang dihasilkan dari hasil fermentasi akan keluar pada waktu retensi sekitar 2,69 menit dengan luas area yang berbeda-beda dan semakin luas dengan bertambahnya waktu fermentasi. Luas area tertinggi yaitu pada hari ke 7 yaitu sebesar 842518, waktu retensi 2,703 menit dengan konsentrasi etanol sebesar 0,2424%. Analisis GC sampel dalam bentuk cair diinjeksikan ke dalam gas inert sebagai fase gerak atau gas pembawa. Sampel akan melalui kolom kemas atau kapiler sehingga komponen akan dapat dipisahkan berdasarkan kemampuan komponen untuk terdistribusi diantara fase gerak dan diam. Fase gerak yang digunakan adalah gas hidrogen dan gas oksigen dan fase diamnya adalah kolom kapiler. Detektor yang digunakan adalah *Flame Ionisation Detector* (FID) dengan suhu detektor 150°C , suhu injektor 150°C dan volume sampel yang diinjeksikan sebanyak $1\text{ }\mu\text{L}$. Hasil kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa digunakan untuk menghitung kadar bioetanol yang dihasilkan dari setiap variasi waktu dengan cara membandingkan dengan kromatogram sampel dengan etanol standar. Menurut Hasil kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa digunakan untuk menghitung kadar bioetanol yang dihasilkan dari hasil destilasi dengan cara memastikan bahwa puncak dari hasil destilat adalah etanol dengan cara mencocokkan dengan puncak etanol standar.⁸⁸

⁸⁸Farz Adrian Riwanto, “Perlakuan Fisik dan Kimia pada Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol dengan Metode Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak”, *Skripsi* (Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, 2013). h. 28.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Kadar glukosa dalam 20 gram selulosa jerami padi 105,1733 mg/L dan 105,3511 mg/L.
2. Kadar etanol selulosa jerami padi melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS) yaitu 0,2424 %.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Sebaiknya melakukan menggunakan 2 jenis jamur untuk pembuatan enzim selulase agar enzim selulase dapat memberikan hasil yang maksimal dalam mengubah karbohidrat kompleks menjadi gula yang lebih sederhana misalnya perbandingan *Aspergillus niger* dengan *Trichoderma reesei*
2. Sebaiknya menggunakan variasi *saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk inokulum untuk proses fermentasi agar etanol yang diperoleh lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Muhammad Irsyad, dkk. "Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan *Sacharomyces cereviceae* Pada Fermentor 70 Liter". *Jurnal Teknik Kimia*. h. 3-5.
- Amalia, Yolanda, dkk, "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase dan *Yeast Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum". *Jurnal Teknik Kimia*. h. 5.
- Anindyawati, Trisanti. "Prosepek Enzim Dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol". *Jurnal* 44, no. 1 (2009). h. 50-51.
- Azhar, Chairil. "Kajian Morfologi dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Cibogo Hasil Radiasi Sinar Gamma Pada Generasi M3". *Skripsi*. Fakultas Pertanian Sumatera Utara, 2010. h. 1.
- Binoto, Novi Lestu L, dkk. "Hidrolisis Ampas Tebu Secara Enzimatik Menggunakan *Trichoderma reesei*". *Jurnal Teknik Kimia*. h. 2.
- Bintang, Maria. *Biokimia Teknik Penelitian*, (Erlangga: Jakarta, 2010). h. 49.
- Budiman, Albar dan Sigit Setyawan. "Pengaruh Konsentrasi Substrat, Lama Inkubasi dan pH Dalam Proses Isolasi Enzim Xylanase Dengan Menggunakan Media Jerami Padi". *Jurnal Teknik Kimia*. h. 2-4.
- Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, h. 368-532.
- Dewi, Iche Marina. "Isolasi Bakteri Dan Uji Aktivitas Kitinase Termofilik Kasar Dari Sumber Air Panas Tinggi Raja". h. 30-31.
- Endang, Asriyani, dkk. "Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L.). *Indonesian Journal Of Chemical Science* 2, no. 2. 2013. h. 168-171.
- Gayang, Faisal. "Konversi Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Gula Pereduksi Menggunakan Enzim Xilanase dan Selulase Komersial". *Skripsi*. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, 2013. h. 13-16.
- Gunam, Ida Bagus Wayan, dkk. "Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger* NRRL A-II, 264". *Jurnal Biologi*. (ISSN : 1410 5292) 15, no. 2. 2011. h. 56-57.
- Gunam, Ida Bagus Wayan, dkk. "Produksi Selulase Kasar Dari Kapang *Trichoderma viride* Dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi". *Jurnal Biologi* (ISSN : 1410 5292), 15, no. 2. (2011). h. 29-30.

- Hamastuti Hita, dkk. "Peran Mikroorganisme *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Aspergillus niger* pada Pembuatan Kompos Limbah *Sludge* Industri Pengolahan Susu". *Jurnal Teknik Pomits* 1, no. 1 (2012). h. 2.
- Handoko, T, dkk. "Hidrolisis Serat Selulosa Dalam Buah Bintaro Sebagai Sumber Bahan Baku Bioetanol". *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 11, no. 1 (2012). h. 27-28.
- Harunsyah dan Ridwan. "Pengaruh Perlakuan Awal Biomassa Jerami Padi Untuk Merecoveri Gula Reduksi dengan Metode Hidrolisa Secara Enzimatis", *Jurusan Teknik Kimia* (2014). h. 5.
- Kamila, Laila. "Pencirian Selulolitik Isolat Khamir *Rhodotorula* sp. Dari Tanah Hutan Taman Nasional Gunung Halimun". *Jurnal Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan IPA* (2003). h. 3.
- Kodri, dkk. "Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatis Jerami Padi dengan *Pretreatment* Microwave". *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis* 1, no. 1. (2013). h. 37.
- Kristina, "Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit", *Jurnal Teknik Kimia* 18, no. 3 (2012), h. 36.
- Lestari, Erviani, dkk. "Potensi Jamur Pelapuk Kayu Isolat Lokal Makassar Dalam Mendekomposisi Komponen Lignoselulosa Jerami Padi *Oryza sativa* L". 9, no. 2 (2008). h. 2.
- Meryandini, Anja, dkk, "Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya". *Makara Sains* 13, no. 1 (2009).
- Mubaroq, Irfan Abdurrachman, "kajian Bionutrisi Caf Dengan Penambahan Ion Logam Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Padi". *Jurnal* (2013). h. 2-4.
- Novia, dkk. "Produksi Glukosa dari Lignoselulosa Jerami Padi yang Didelignifikasi dengan *Alkaline-Ozonolysis Pretreatment*", *jurnal Teknik Kimia* 9, no. 4 (2013), h. 4-5.
- Novia, dkk. "Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)", *Jurnal Teknik Kimia* 20, no. 3 (2014), h. 45.
- Noviani, Hanny. Supartono dan Kusoro Siadi "Pengolahan Serbuk Limbah Kayu Sengon Laut Menjadi Bioetanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*", *Jurnal Kimia* (ISSN : 2252 6951) 3 no. 2 (2014), h. 149.
- Oktavia, Ferys Ika, dkk. "Hidrolisis Enzimatis Ampas Tebu (*Bagasse*) Memanfaatkan Enzim Selulase dari Mikrofungi *Trichoderma reseei* dan

Aspergillus niger Sebagai Katalisator dengan *Pretreatment Microwave*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 2, no. 3 (2014). h. 257.

Poendjiadi, Anna dan F. M. Titin Supriyanti. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press, 2006. h. 161.

Pramita, Laura Dwi, dkk. “Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nenas Menggunakan Enzim Selulase dan Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) terhadap Variasi Konsentrasi Inokulum dan Waktu Fermentasi”. *Teknik Kimia Universitas Riau*. h. 2.

Purnawan, “Pemanfaatan Limbah Serat Industri Tepung Sagu Aren Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas (Pulp) Dengan Proses Delignifikasi”, *Jurnal Teknologi Techscientia* (ISSN 1979-8415) 4, no. 1 (2011). h. 29-53.

Purwanto, Agung. “Pembuatan Bioetanol Dari Tepung Biji Nangka Dengan Proses Sakarifikasi Fermentasi Fungi *Aspergillus niger* Dilanjutkan Dengan Fermentasi Yeast *Saccharomyces cereviceae*”. *Skripsi*. Fakultas Teknik, 2012. h. 12.

Risanto, Lucky, dkk. “Perlakuan Gelombang Mikro pada Dua Jenis Kayu Cepat Tumbuh untuk Produksi Bioetanol”. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 10, no. 1 (2012). h. 78.

Riwanto, Fariz Adrian. “Perlakuan Fisik dan Kimia Ampas Tebu Dalam Pembuatan Bioetanol Dengan Metode Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak”. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, 2013. h. 38.

Rumiris, Mary, dkk. “Optimalisasi Suhu dan Waktu Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik Strain Lokal S-16”. h. 5.

Selviza Safaria, dkk. “Aktivitas campuran enzim selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesseei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa”, *Jurnal Kimia* (ISSN 2303-1077) 2, no. 1 (2013), h. 48.

Samsuri, M, dkk. “Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Dengan Enzim Xylanase”. *Jurnal Teknik* 11, no. 1 (2007). h. 20.

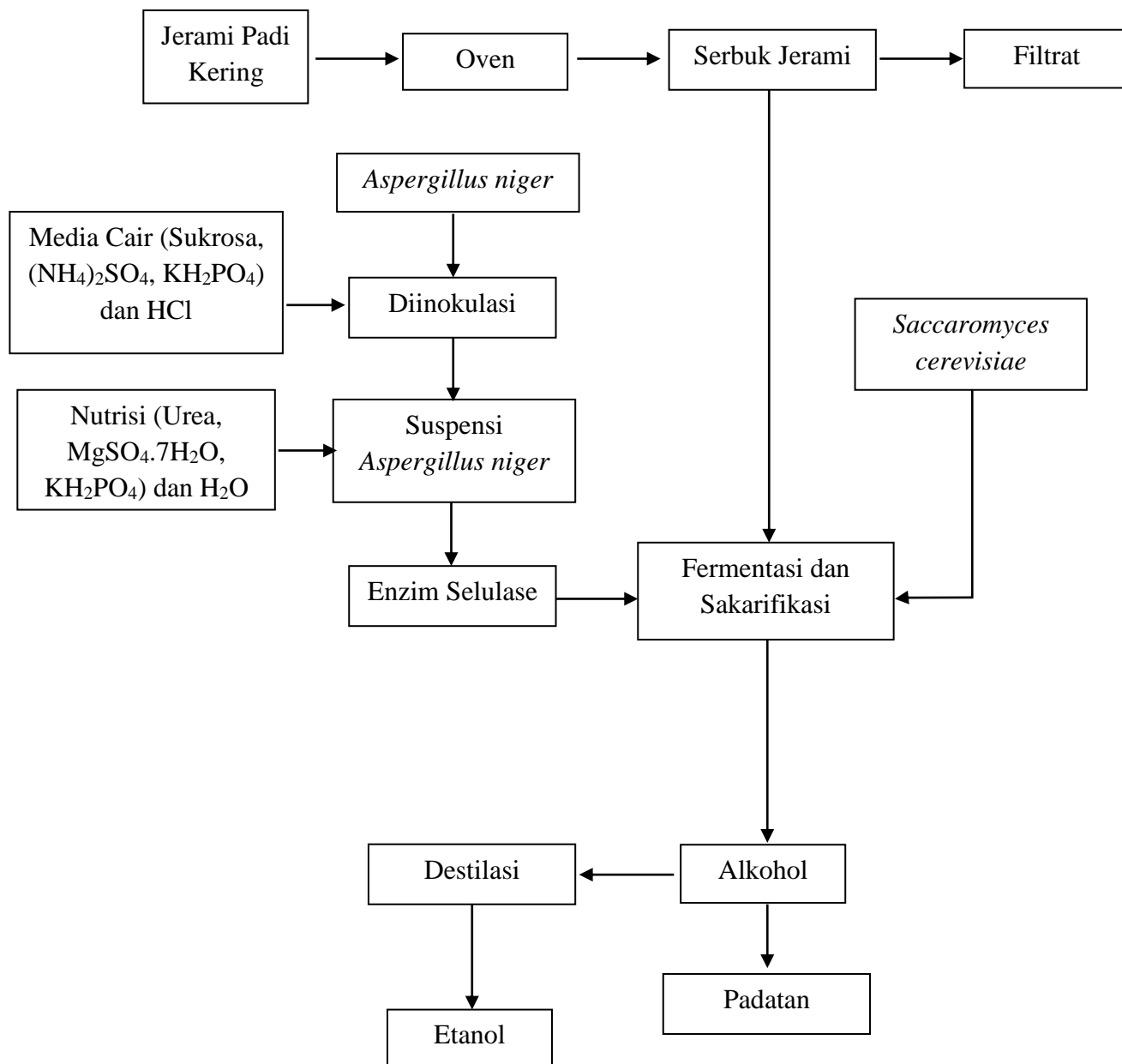
Saraswati, Rasti. “Penelitian dan Pengembangan Pengomposan Dengan DSA Plus Selulolitik dan Lignolitik < 5 Hari Untuk Pembuatan Foliar Biofertilizer dan Biostimultan yang Mampu Meningkatkan Efisiensi Pemupukan > 25%”. *Jurnal Balai Penelitian Tanah*. (2010). h. 17.

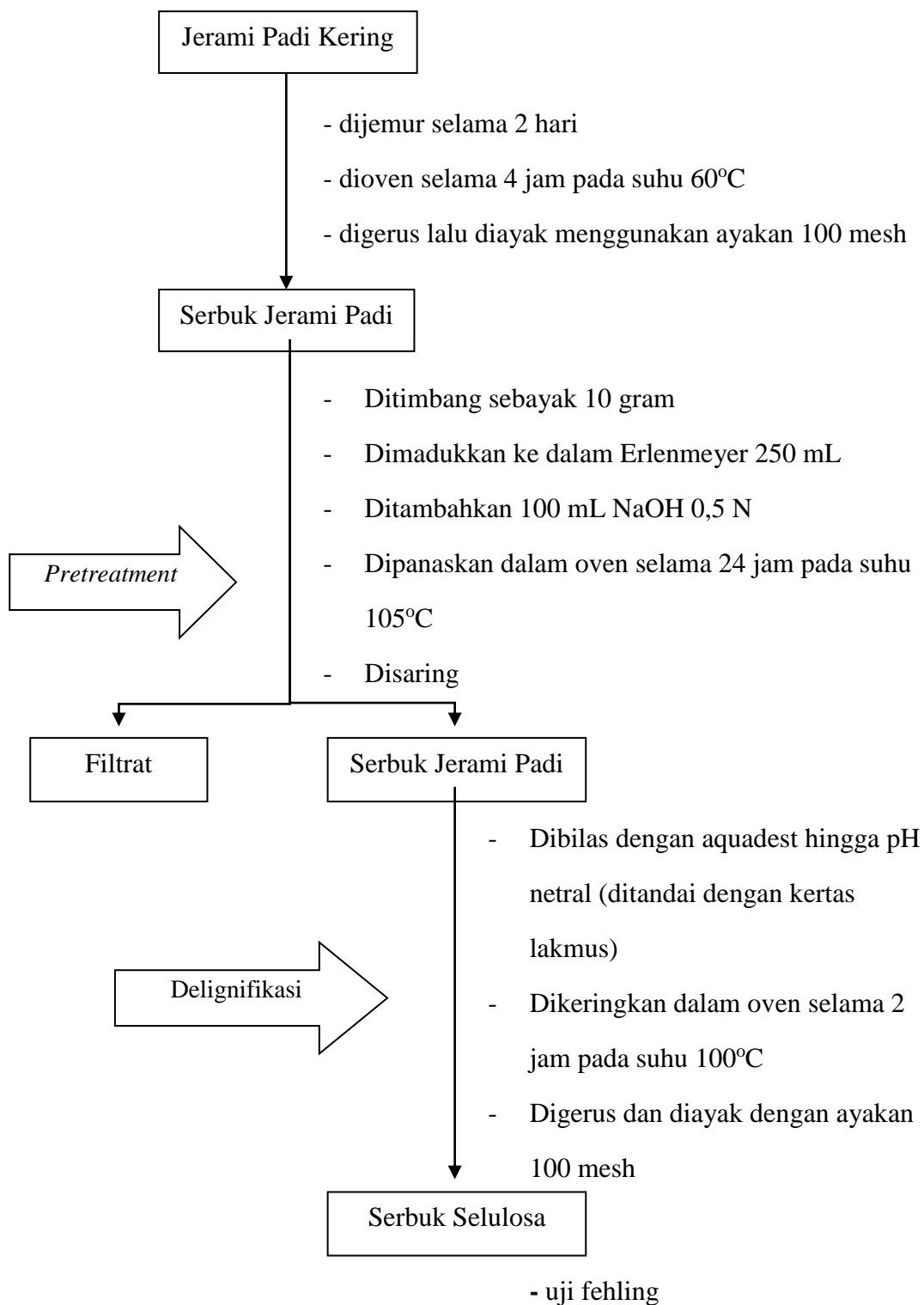
Susanto, Ranchman. *Penerapan Pertanian Organik*. Yogyakarta: Kanisius, 2002.

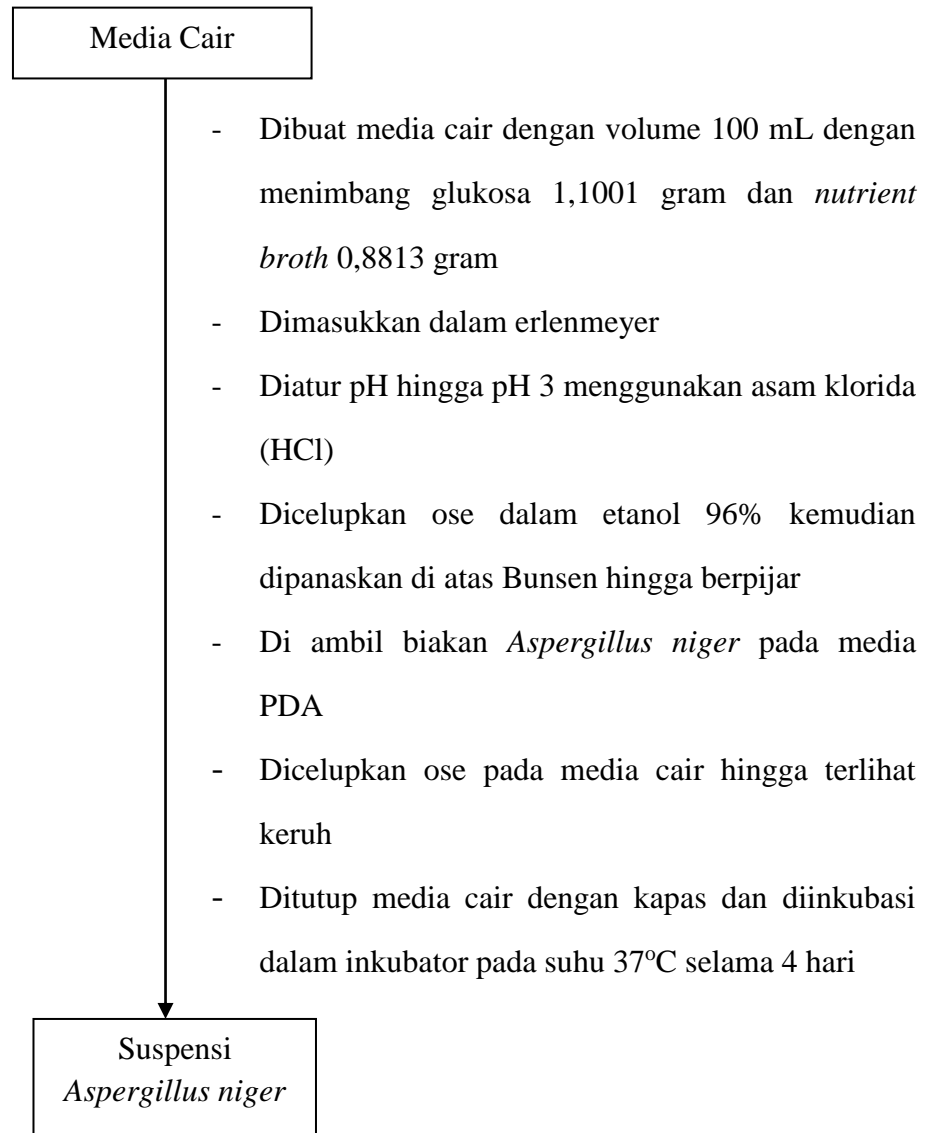
Sutarno, Rika Julfana. “Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma reesseei* dan *Aspergillus niger*”. *Jurnal Kimia* (ISSN 2303-1007) 2, no. 1, h. 54-55.

- Sari, Ni Ketut. "Pembuatan Bioetanol Dari Rumpuk Gajah Melalui Destilasi Batch". *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 8, no 3 (2009). h. 95-97.
- Soepranianondo, Koesnoto , dkk. "Potensi Jerami Padi yang Diamoniasi dan Difermentasi Menggunakan Bakteri Selulolitik terhadap Konsumsi Bahan Kering, Kenaikan Berat Badan dan Konversi Pakan Domba". *Jurnal Mikrobiologi* 23, no. 3.2007. h. 202-203.
- Tafsir Ibnu Katsir, *Ar Rahman (Yang Maha Pemurah)*, h. 620.
- Wahyuliani, Dwi. "Hidrolisis Lignoselulosa dan Selulosa Jerami Padi Menggunakan Enzim Selulase Dari Isolat Bakteri Termofilik". *Skripsi*. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin, 2014. h. 6.
- Widayuntini, Ni Luh. dkk. "Kemampuan Tanah Hutan Mangrove Sebagai Sumber Enzim Dalam Hidrolisis Enzimatis Substrat Sekam Padi". *Jurnal Kimia* (ISSN 1907-9850) 8, no. 1 (2014). h. 36.
- Wahyuningsih, Melly, dkk. "Biokonversi Jerami Padi Menjadi Gula Fermentasi Menggunakan Konsorsium Termofilik Kompos". *Jurnal Sains dan Matematika* 21, no. 1 (2013). h. 7-8.
- Yulianto, Endy, dkk. "Pengembangan Hidrolisis Enzimatis Biomassa Jerami Padi Untuk Produksi Bioetanol". *Jurnal Simposium Nasional RAPI*. (ISSN : 1412-9612) 8, (2009). h. 66-67.

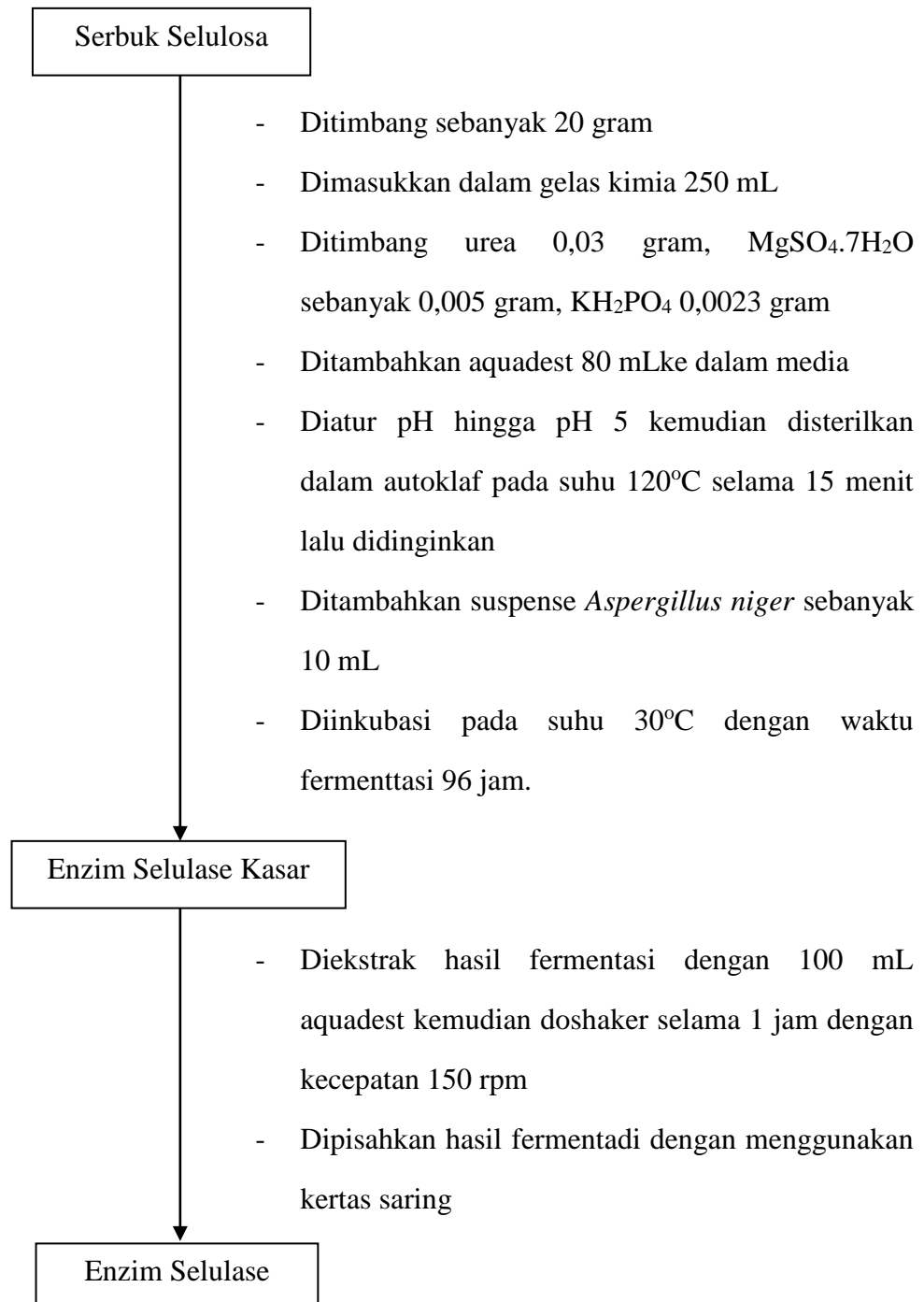
LAMPIRAN 1
SKEMA PENELITIAN



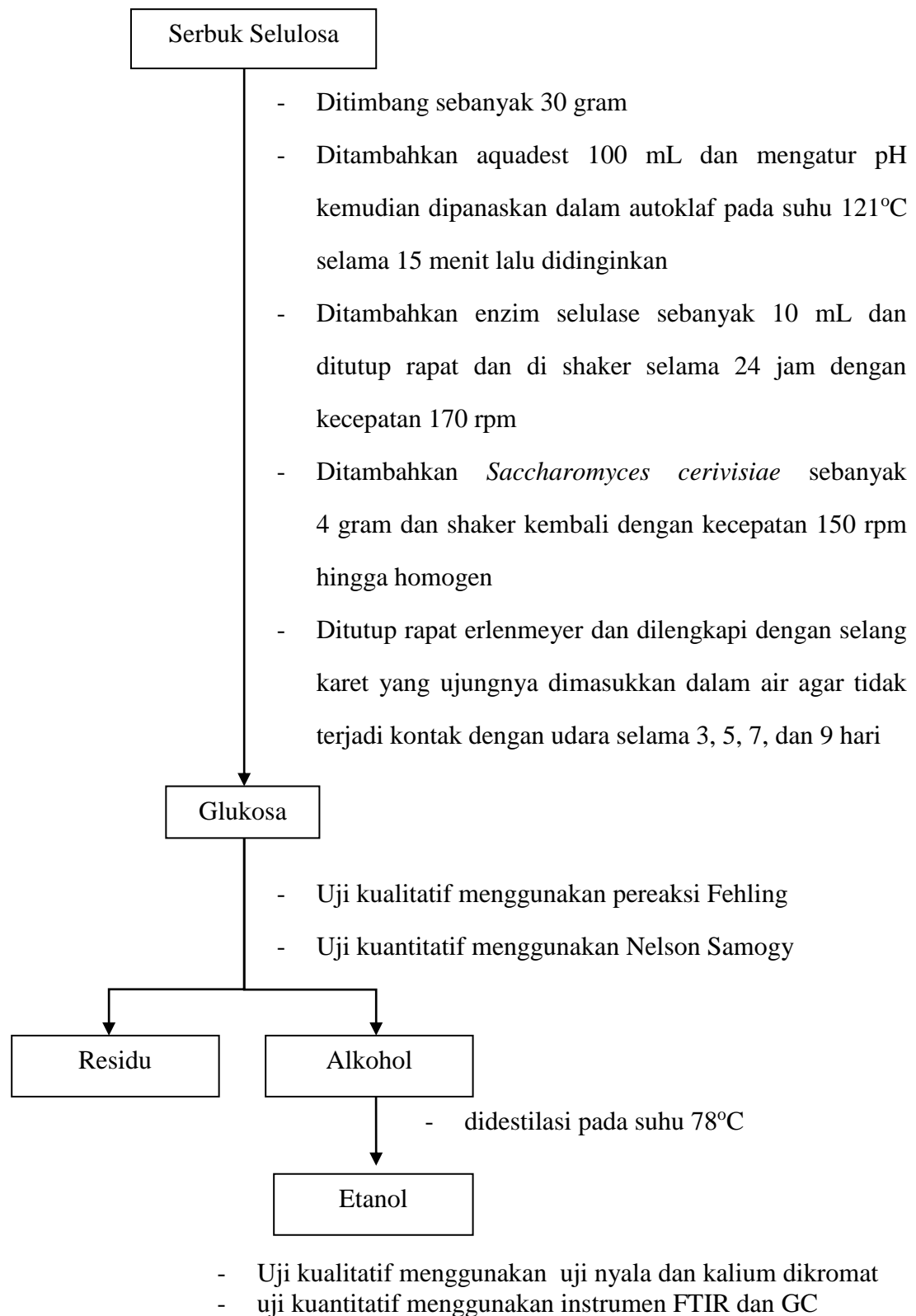
LAMPIRAN 2**BAGAN KERJA PROSEDUR PENELITIAN****A. Proses Pendahuluan dan Penghilangan Lignin**

B. Penyiapan Inokulum Dari Bakteri *Aspergillus niger*

C. Pembuatan Enzim Selulase Dari Medium Cair Padat



D. Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak



LAMPIRAN 3

Pembuatan Reagen Nelson Samogy

1. Pembuatan Reagen Nelson

Reagen Nelson A: 12,5 gram Natrium karbonat anhidrat, 2,5 gram garam K-Na-Tartarat, 2 gram Natrium bikarbonat dan 20 gram Natrium sulfat anhidrat dilarutkan dengan aquadest dalam labu takar 100mL.

Reagen Nelson B: larutkan 3,25 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 25 mL air suling dan tambahkan 1 tetes asam sulfat pekat. Reagen nelson dibuat dengan cara mencampurkan 25 bagian Reagen Nelson A dengan 1 bagian Reagen Nelson B. Pencampuran dikerjakan pada setiap akan digunakan.

2. Pembuatan Reagen Arsenomolybdat

Reagen Arsenomolibdat A: 12,5 gram Ammonium molybdat dilarutkan dalam 225 mL aquadest dan tambahkan 12,5 mL asam sulfat pekat.

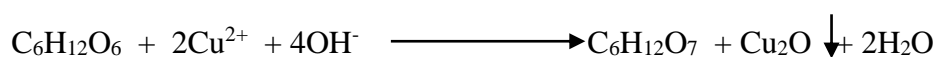
Reagen Arsenomolibdat B: 1,5 gram $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dalam 12,5 mL aquadest. Dituang Reagen Arsenomolibdat B dalam Reagen Arsenomolibdat A, disimpan dalam botol warna coklat dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Reagensia ini baru bias digunakan setelah masa inkubasi tersebut, reagensia ini berwarna kuning.

LAMPIRAN 4

Tahap Reaksi Nelson Samogy

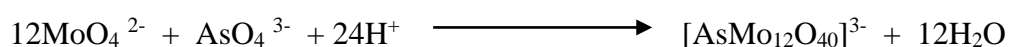
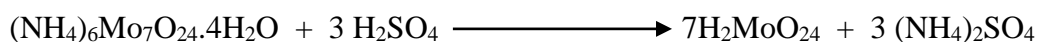
Uji aktivitas dengan metode nelson somogy melibatkan dua tahap reaksi yakni D-glukosa dengan pereaksi nelson menghasilkan produk Cu_2O berupa endapan merah bata, dimana reaksinya adalah sebagai berikut:

Reaksi:

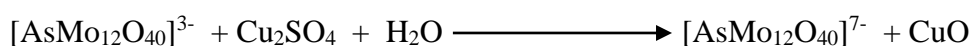
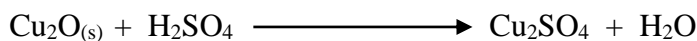


Kemudian reaksi kedua adalah antara Cu_2O dengan pereaksi arsenomolibdat, dimana reaksinya sebagai berikut:

Reaksi:



Arsenomolibdat



Arsenomolibdat

Kompleks Molibdenum

Pereaksi arsenomolibdat dibuat dengan penambahan asam sulfat ke dalam ammonium molibdat untuk menghasilkan asam molibdat (H_2MoO_4) yang larut pada kondisi asam berlebih. Arsenat dengan ammonium molibdat (dari asam molibdat) bereaksi menghasilkan arsenomolibdat berwarna kuning hijau yang dapat direduksi oleh tembaga (I) oksida menghasilkan kompleks molybdenum.⁸⁹

⁸⁹Atyhtya Dian Natalia Monica, "Studi Aktivitas Spesifik Selulase dari *Lactobacillus* yang Dimurnikan dengan Pengendapan Bertingkat Amonium Sulfat", *Skripsi* Fakultas MIPA Universitas Brawijaya (2007), h. 23.

LAMPIRAN 5

A. Penentuan kurva kalibrasi standar

1. Kurva kalibrasi standar glukosa

No.	Konsentrasi	Absorban
1	Blanko	0,0000
2	10	0,1995
3	20	0,4466
4	30	0,6468
5	40	0,8851
6	50	1,1075

2. Penentuan kurva kalibrasi standar glukosa

No.	Konsentrasi (x)	Absorban (y)	x ²	y ²	Xy
1	Blanko	0,0000	0	0,0000	0,0000
2	10	0,1995	100	0,0398	1,9950
3	20	0,4466	400	0,1994	8,9320
4	30	0,6468	900	0,4183	19,4040
5	40	0,8851	1600	0,7834	35,4040
6	50	1,1075	2500	1,2265	55,3750
N = 5	150	3,2855	5500	2,6674	121,1100

Analisis Data:

Persamaan garis linear

$$Y = bx - a$$

$$b = \frac{n \times \sum xy - \sum x \times \sum y}{n \times \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{5 \times 121,1100 - 150 \times 3,2855}{5 \times 5500 - (150)^2}$$

$$b = \frac{605,5500 - 492,8250}{26000 - 22500}$$

$$b = \frac{112,7250}{5000}$$

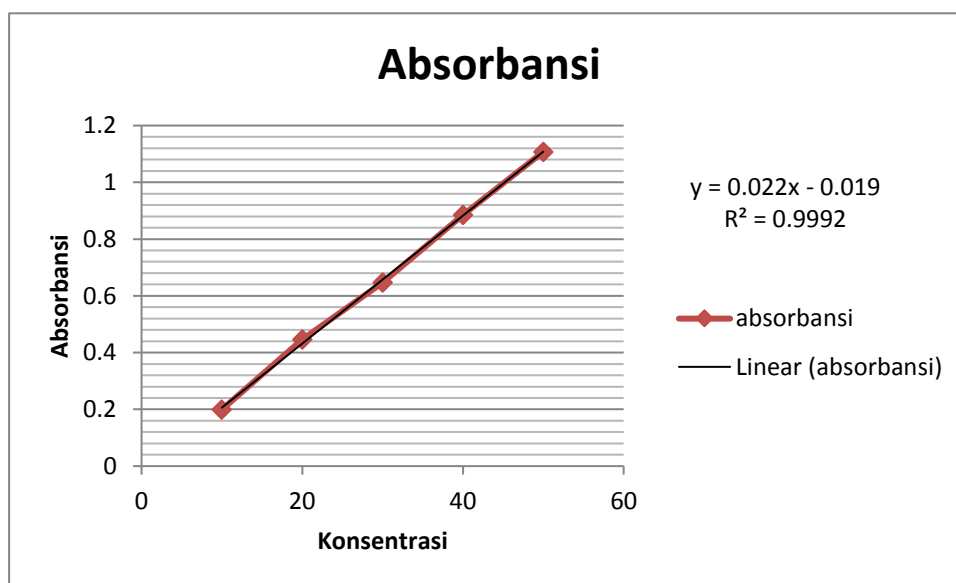
$$b = 0,0225$$

$$a = y \text{ rata-rata} - bx \text{ rata-rata}$$

$$= 0,6571 - (0,0225 \times 30)$$

$$= 0,6571 - 0,6750$$

$$= -0,0179$$



Sehingga persamaan garis linearnya yaitu:

$$Y = bx - a$$

$$Y = 0,0225 x - 0,0179$$

B. Penentuan Konsentrasi Glukosa Standar

1. Kurva Standar 10 ppm

$$\begin{aligned} Y &= bx - a \\ &= 0,0225 x - 0,0179 \\ &= 0,0225 (10) - 0,0179 \\ &= 0,2250 - 0,0179 \\ &= 0,2071 \end{aligned}$$

2. Kurva Standar 20 ppm

$$\begin{aligned} Y &= bx - a \\ &= 0,0225 x - 0,0179 \\ &= 0,0225 (20) - 0,0179 \\ &= 0,4500 - 0,0179 \\ &= 0,4321 \end{aligned}$$

3. Kurva Standar 30 ppm

$$\begin{aligned} Y &= bx - a \\ &= 0,0225 x - 0,0179 \\ &= 0,0225 (30) - 0,0179 \\ &= 0,6750 - 0,0179 \\ &= 0,6571 \end{aligned}$$

4. Kurva Standar 40 ppm

$$\begin{aligned} Y &= bx - a \\ &= 0,0225 x - 0,0179 \\ &= 0,0225 (40) - 0,0179 \\ &= 0,9000 - 0,0179 \\ &= 0,8821 \end{aligned}$$

5. Kurva Standar 50 ppm

$$\begin{aligned} Y &= bx - a \\ &= 0,0225 x - 0,0179 \\ &= 0,0225 (50) - 0,0179 \\ &= 0,1250 - 0,0179 \\ &= 1,1072 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 6

Konsentrasi Glukosa Sampel

A. Tabel Kadar Glukosa Sampel

Sampel	Absorbansi	Faktor Pengenceran 5 x	Kadar Glukosa (mg/L)	Panjang Gelombang
I	0,4697	2,3485	105,7330	740
II	0,4795	2,3525	105,3511	740

B. Perhitungan Kadar Glukosa Sampel

1. Sampel I

$$Y = bx - a$$

$$2,3485 = 0,0225 x - 0,0179$$

$$0,0225 x = 2,3485 + 0,0179$$

$$x = \frac{2,3664}{0,0225}$$

$$= 105,7330 \text{ mg/L}$$

2. Sampel II

$$Y = bx - a$$

$$2,3525 = 0,0225 x - 0,0179$$

$$0,0225 x = 2,3525 + 0,0179$$

$$x = \frac{2,3704}{0,0225}$$

$$= 105,3511 \text{ mg/L}$$

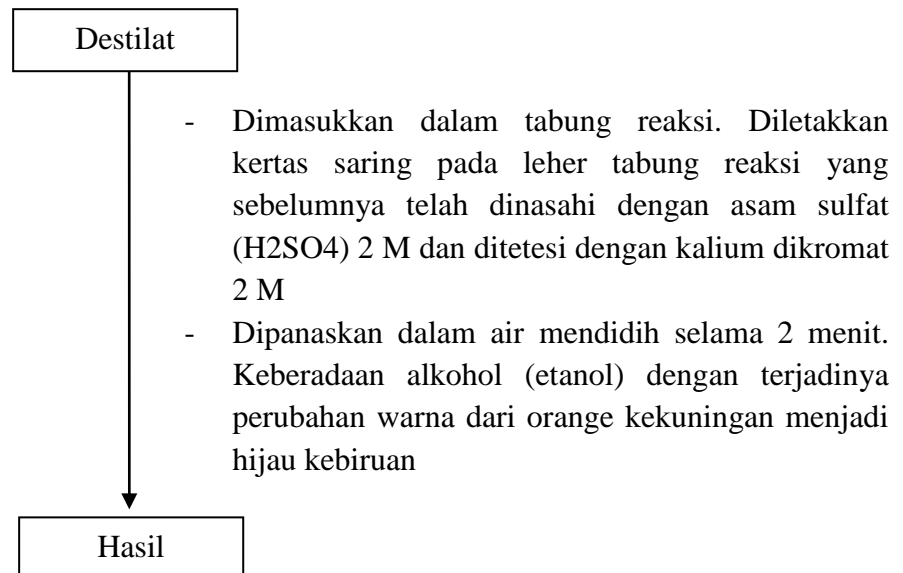
LAMPIRAN 7

Peremajaan jamur *Aspergillus niger* pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Peremajaan *Aspergillus niger* dilakukan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media ini merupakan media spesifik terhadap pertumbuhan berbagai jenis jamur termasuk *Aspergillus niger*. Tahap peremajaan *Aspergillus niger* yaitu dengan membuat media padat dari PDA (*Potato Dextrose Agar*) kemudian kemudian menggoreskan biakan *Aspergillus niger* pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) baru kemudian diinkubasi selama 4 hari pada suhu 37°C. *Aspergillus niger* segar yang telah diremajakan akan digunakan untuk pembuatan media inokulum sebagai stok.

LAMPIRAN 8

Analisa Kualitatif Etanol Menggunakan Kalium Dikromat



LAMPIRAN 9

Dokumentasi

Pengurangan Kadar Air



Jerami padi tanpa perlakuan



Penjemuran jerami padi dibawah sinar matahari



Penjemuran jerami padi dibawah sinar matahari



Pengeringan jerami dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam

Pembuatan Serbuk Jerami Padi



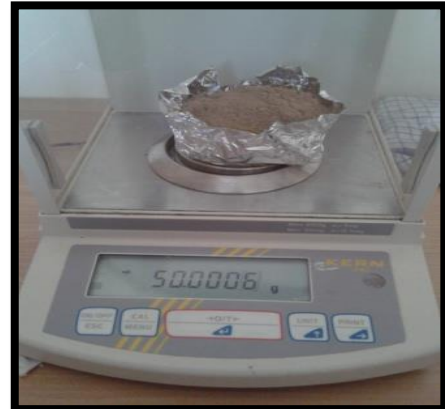
Penghalusan jerami padi menggunakan blender



Pengayakan serbuk jerami padi dengan ayakan 100 mesh



Serbuk jerami padi ukuran 100 mesh



Penimbangan serbuk jerami padi untuk delignifikasi

Delignifikasi Jerami Padi



NaOH 0,5 N



Delignifikasi jerami padi



Proses pembilasan NaOH dari jerami padi



Proses penyaringan jerami padi



Hasil pembilasan pertama



Hasil pembilasan kedua



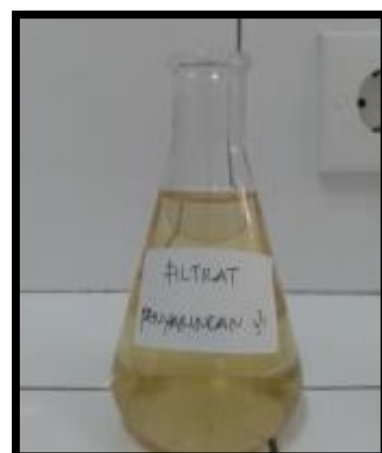
Hasil pembilasan ketiga



Hasil pembilasan keempat



Hasil pembilasan kelima



Hasil pembilasan keenam



Hasil pembilasan ketujuh

Serbuk Selulosa



Hasil delignifikasi

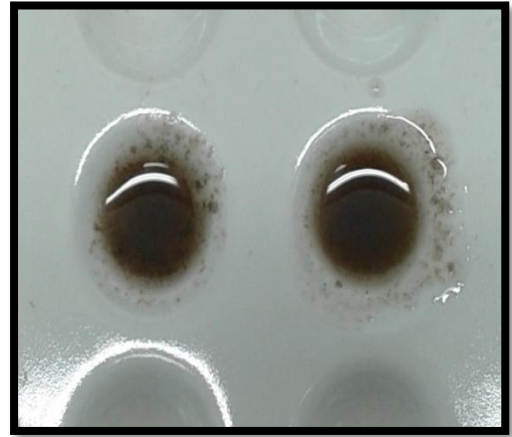


Hasil delignifikasi setelah dioven pada suhu 100°C



Serbuk hasil delignifikasi

Uji Kualitatif Selulosa Menggunakan Asam Sulfat Pekat



Pengujian hilangnya lignin dengan asam sulfat pekat

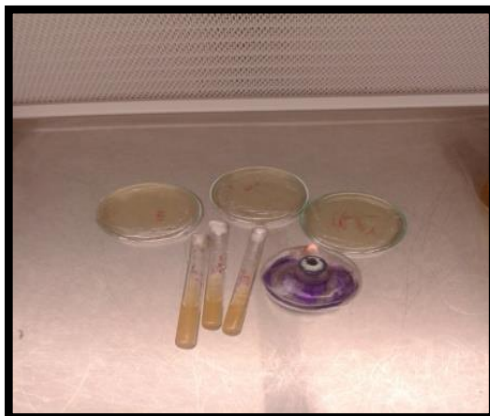
Peremajaan *Aspergillus niger*



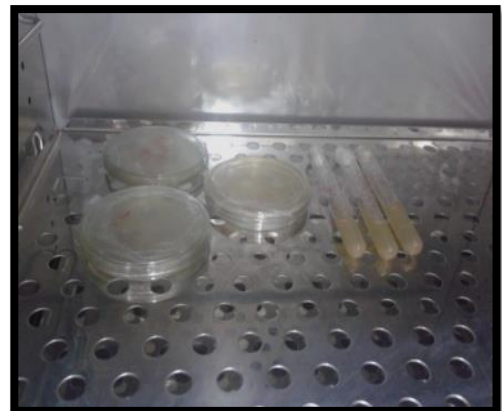
Aspergillus niger



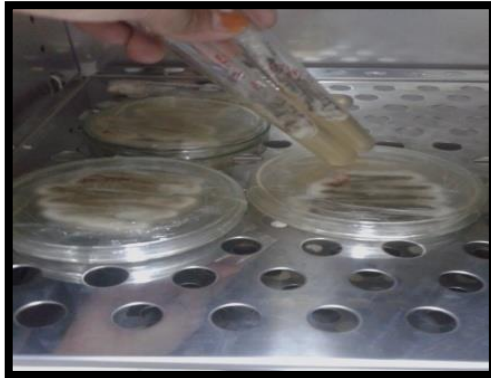
Peremajaan *Aspergillus niger* pada media PDA



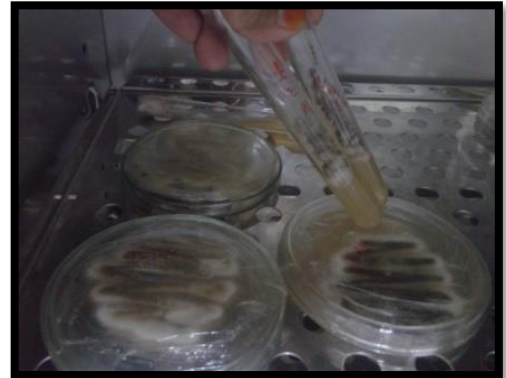
Peremajaan *Aspergillus niger* pada media PDA



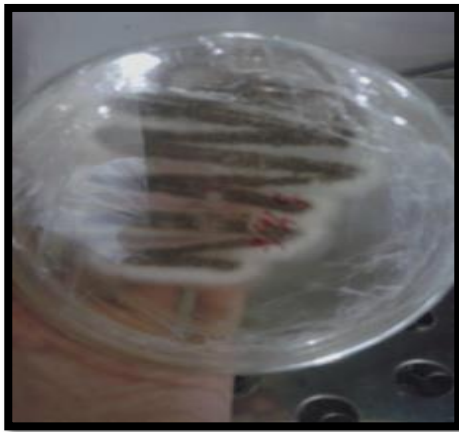
Inkubasi pada inkubator pada suhu 27°C pada hari pertama



Inkubasi pada inkubator pada suhu 27°C pada hari kedua



Inkubasi pada inkubator pada suhu 27°C pada hari ketiga



Inkubasi pada inkubator pada suhu 27°C pada hari keempat

Pembuatan Media Inokulum *Aspergillus niger*



Inokulum *Aspergillus niger*



Stock Inokulum *Aspergillus niger*

Pembuatan Enzim Selulase



Media Produksi Enzim Selulase



Enzim Selulase

Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak

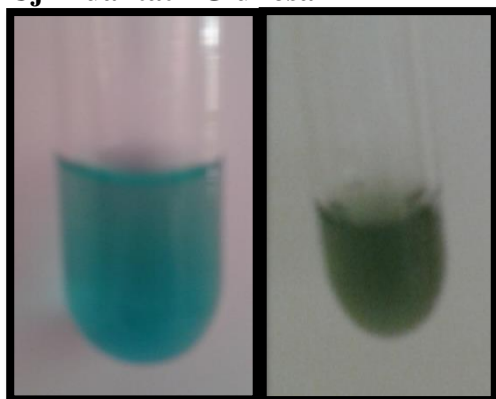


Proses Sakarifikasi



Proses Fermentasi

Uji Kualitatif Glukosa



Uji Kualitatif Glukosa Menggunakan
Pereaksi Benedict

Deret Standar Glukosa



larutan Induk Glukosa



Standar Glukosa

Pembuatan Reagen Nelson Samogy



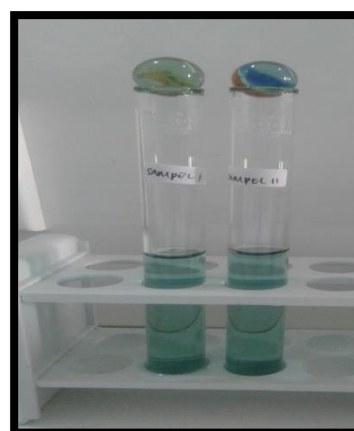
Reagen Nelson



Pemanasan Reagen Nelson+Standar



Deret Standar Glukosa +
Nelson Samogy



Sampel+Nelson Samogy

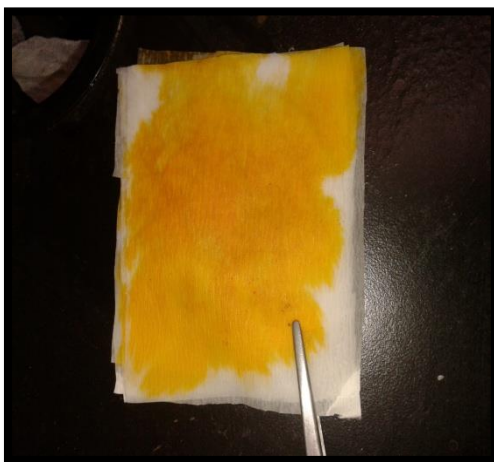


Proses Destilasi



Destilat (Etanol) Hasil Destilasi

Uji Kualitatif Alkohol

Proses Pengujian alkohol dengan $K_2Cr_2O_7$ 

Kertas Saring Hasil Pengujian Alkohol Berwarna Hijau Kebiruan



Uji Kualitatif Glukosa menggunakan
Nyala

Hasil Destilat Untuk Uji Instrumen



Destilat Untuk Uji Instrumen

RIWAYAT HIDUP



NAMA KARISMA dipanggil RISMA lahir pada tanggal 13 September 1993 di kota Makassar. Anak KEDUA dari LIMA orang bersaudara. Buah hari dari pasangan ABUBAKAR dan NURHAYATI. Mulau menempuh pendidikan di Sekolah Dasar SD INPRES PERUMNAS ANTANG II kota MAKASSAR pada tahun 1999 dan tamat pada tahun 2005, kemudian melanjutkan studi di SMP NEGERI 17 MAKASSAR pada tahun 2005 dan selesai pada tahun 200u8, kemudia melanjutkan pendidikan di SMK FARMASI YAMASI MAKASSAR pada tahun 2008 dan tamat pada tahun 2011. Pada tahun yang sama melanjutkan studi di UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) ALAUDDIN MAKASSAR di Jurusan KIMIA Fakultas SAINS dan TEKNOLOGI.